

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№104, Декабрь 2023
(Часть 13)



Самара, 2023

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №104, Декабрь 2023 (Часть 13) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2023 - 224 с.

doi: 10.18411/trnio-12-2023-p13

Тенденции развития науки и образования - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черноятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

Ильященко Дмитрий Павлович

Кандидат технических наук

Дробот Павел Николаевич

Кандидат физико-математических наук, Доцент

Божко Леся Михайловна

Доктор экономических наук, Доцент

Бегидова Светлана Николаевна

Доктор педагогических наук, Профессор

Андреева Ольга Николаевна

Кандидат филологических наук, Доцент

Абасова Самира Гусейн кызы

Кандидат экономических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич

Кандидат юридических наук

Ерыгина Анна Владимировна

Кандидат экономических наук, Доцент

Чебыкина Ольга Альбертовна

Кандидат психологических наук

Левченко Виктория Викторовна

Кандидат педагогических наук

Петраш Елена Вадимовна

Кандидат культурологии

Романенко Елена Александровна

Кандидат юридических наук, Доцент

Мирошин Дмитрий Григорьевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ефременко Евгений Сергеевич

Кандидат медицинских наук, Доцент

Шалагинова Ксения Сергеевна

Кандидат психологических наук, Доцент

Катермина Вероника Викторовна

Доктор филологических наук, Профессор

Полицинский Евгений Валериевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович

Кандидат экономических наук, Доцент

Пузыня Татьяна Алексеевна

Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович

Доктор биологических наук, Доцент

Афанасьева Татьяна Гавриловна

Доктор фармацевтических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы

Доктор философии по техническим наукам

Лыгин Сергей Александрович

Кандидат химических наук, Доцент

Заломнова Светлана Петровна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Радкевич Михаил Михайлович

Доктор технических наук, Профессор

Гуткевич Елена Владимировна

Доктор медицинских наук

Матвеев Роман Сталинарьевич

Доктор медицинских наук, Доцент

Аиранов Баходурджон Пулотович

Кандидат филологических наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович

Кандидат технических наук, Профессор

Найденов Николай Дмитриевич

Доктор экономических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна

Кандидат экономических наук, Доцент

Хачатурова Карине Робертовна

Кандидат педагогических наук

Кадим Мундер Мулла

Кандидат филологических наук, Доцент

Григорьев Михаил Федосеевич

Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ XXI. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	8
Абзалов Д.Б., Борисова О.В. Состав и устройство системы дымоудаления	8
Абзалов Д.Б., Сафин М.А. Централизованная и децентрализованная система умного дома	11
Андрейченко А.Е., Баклушина И. В. Распределение воздушных потоков в помещениях с потолочными вентиляторами.....	14
Андрейченко А.Е., Котова Ю.М., Баклушина И.В. Гидроаккумулирование гидроэлектроэнергии	16
Антоневич В.А., Антоневич Г.Б., Гирина А.Н. Обоснование экономических показателей производства стабилизатора среднемагистрального самолета	18
Бадыков Д.И. Рекомендации по выбору центробежного насоса для проведения ремонтных работ в системе магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов	22
Баклушина И. В. Расширение возможностей BIM –моделирования с помощью компьютерного зрения и анализа данных 3D-облака точек	27
Баклушина И.В., Андрейченко А.Е. Реконструкция зданий с помощью дистанционного зондирования и компьютерного зрения.....	30
Балтрашевич В.Э. Поиск аномалии во временных рядах с помощью марковских цепей	33
Гарина С.В., Гарин М.А. Компьютерное моделирование и оптимизация технических решений.....	37
Горбов В.Ю., Борисова О.В. Система вентиляции с использованием искусственного интеллекта.....	40
Гулевич А.И. Альтернативные источники энергии и будущее нефтегазового сектора: переход к устойчивым энергетическим решениям.....	43
Гулевич А.И. Использование машинного обучения и искусственного интеллекта с целью повышения эффективности операций в области добычи нефти и выявления новых месторождений.....	45
Гулевич А.И. Исследование средств предотвращения чрезвычайных ситуаций в нефтегазовом комплексе	47
Гулевич А.И. Рассмотрение средств противодействия почвенной коррозии	49
Гулевич А.И. Сравнительное исследование методов восстановления земель после чрезвычайных ситуаций в нефтегазовой промышленности	52
Долгополов В.Е., Кононенко В.В., Горзова С.П. Обзор различных видов ферм и их сравнение с балкой.....	54
Егоров В.А., Орлова Г.М. Причины снижения эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов.....	58
Ибрагимова З.М., Исакиева З.С. Защита данных от вредоносных угроз в системе защиты	61
Кудряшова Е.Е. Развитие Арктики: Северный морской путь	64
Кузнецов Я.Н. Технология слайд-мэппинга для промышленных предприятий	68
Кузьмин А.В. Повышение эффективности сушки урожая зерновых и кормовых культур	71
Кузьмин А.В. Технология трёхзвенной уборки с бункерами-перегрузчиками	73
Ледяев К.А. Системы сброса и ликвидации вредных газов и нефтепродуктов	76

Мотигуллин Т.А., Борисова О.В. Автоматизация системы управления котлами.....	79
Попов Ю.В., Диогенов Е.С. Авиационные происшествия повышенного риска	82
Постовой А.А. Материалы для 3D-печати зданий.....	86
Постовой А.А., Могилевская Г.И. Экологическая эффективность применения отходов в пенобетоне	89
Постовой А.А. Развитие 3D-печати в строительстве	92
Рахматуллин Т.Р., Борисова О.В. Автоматизация системы управления атмосферным деаэратором	95
Ряжских А.И., Могилевская Г.И. Экологические проблемы, связанные с использованием бетона	98
Саломатова С.И. Результаты экспериментальных исследований по флотации в центробежном поле вращения жидкости	101
Сафин М.А., Эйтерник А.Ю. Автоматическое регулирование системы очистки сточных вод в первичном отстойнике очистных сооружений с использованием лазерной установки	105
Севрюгин С.Ю. Управление электромеханической системой с переменной структурой....	107
Скок А.С. Ключевые аспекты управления на всех этапах жизненного цикла газа	111
Скок А.С. Оптимизация гидрирования через автоматическое управление.....	114
Смышляев А.А. Установка для исследования физико-механических свойств зерна	117
Соколов Н.С. Алгоритм устройства ограждения строительного котлована	119
Соколов Н.С. Геотехническая технология увеличения несущей способности основания ...	126
Соколов Н.С. Один из физических принципов используемых для устройства свай ЭРТ	129
Соколов Н.С. Одна из технологий усиления оснований	135
Соколов Н.С. Подход по увеличению несущей способности свай	144
Соколов Н.С. Схема устройства установки для изготовления буроинъекционных свай	148
Соколов Н.С. Технология повышения несущей способности оснований	153
Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности буровых свай	157
Соколов Н.С. Геотехническая установка для изготовления свай ЭРТ	163
Соколов Н.С. Материал для изготовления буроинъекционных свай.....	169
Соколов Н.С. Опыт использования свай ЭРТ	175
Сулейманов Д.М., Гузуева Э.Р. Взаимозаменяемость SEO и контекстной рекламы.....	179
Щеголькова Д.Г., Курбатов В.А. Роль технических средств в обеспечении пожарной безопасности.....	181
Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A. Protection of residential buildings from wind and dust.....	181
Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A. Glass tile application in the Rostov region	190
Rychkova A.D. The current state and prospects of using composite materials in different sectors of industry.....	192
Shcherbakov V.S., Kulichkov S.V., Minakova P.S. Additive technologies application for repairing and restoring elements of submarine pipelines.....	195

РАЗДЕЛ XXII. МАШИНОСТРОЕНИЕ	199
Аносов М.С., Павлов А.Д., Платонов Д.Е., Кротиков Д.А., Башков А.А. Исследование процесса шлифования и полирования с использованием виброгалтовки.....	199
Кротиков Д.А., Аносова Е.С., Шатагин Д.А., Желонкин М.В. Анализ модели цифрового двойника металла.....	202
Павлов А.Д., Аносов М.С., Шатагин Д.А., Желонкин М.В. Анализ модели цифровых двойников машиностроительного производства.....	205
Якупова А.Б., Базин Д.А. Современные машины и приводы для ветроэнергетики.....	208
РАЗДЕЛ I. МОДЕЛИРОВАНИЕ	211
Гарипова П. В., Исаева С. М. Сравнительная характеристика классификаций 3D-печати: достоинства и недостатки.....	211
Судаков С.С., Исаева С.М. Особенности применения 3D-технологий в промышленности.....	214
Трещёв И.А., Монастырская Е.И. Модель корпоративной атаки внешнего злоумышленника.....	218

РАЗДЕЛ XXI. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абзалов Д.Б., Борисова О.В.

Состав и устройство системы дымоудаления

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-699

Аннотация

В статье рассмотрен состав системы дымоудаления и описан принцип её работы. Рассмотрен программируемый логический контроллер, подходящий для систем пожарной безопасности, и выявлены его преимущества. Актуальность работы заключается в грамотном проектировании системы дымоудаления с учётом всех требований пожарной безопасности для обеспечения безопасной эвакуации из здания.

Ключевые слова: дымоудаление, вентиляция, безопасность, контроллер, оборудование, датчик, клапан.

Abstract

The article considers the main composition of the smoke removal system and describes the principle of its operation. A programmable logic controller suitable for fire safety systems is considered and its advantages are revealed. The relevance of the work lies in the competent design of the smoke removal system, taking into account all fire safety requirements to ensure safe evacuation from the building.

Keywords: smoke extraction, ventilation, safety, controller, equipment, sensor, valve.

При проектировании и строительстве зданий одним из главных аспектов, которому уделяется внимание, является безопасность людей, находящихся внутри этих зданий [1]. Особую роль играет система дымоудаления, которая обеспечивает удаление дыма в случае пожара.

Основная задача системы дымоудаления – освобождение путей эвакуации от дымовых выбросов при пожаре [2]. Система дымоудаления состоит из двух подсистем, которые взаимодействуют для эффективной работы: приточная противодымная вентиляция и вытяжная противодымная вентиляция [3].

Основная функция приточной противодымной вентиляции – создание положительного давления внутри помещения или зоны, подверженных задымлению. В приточной противодымной вентиляции может использоваться следующее оборудование:

- 1) вентилятор, который втягивает свежий воздух извне и нагнетает его в закрытое пространство, то есть в помещение;
- 2) воздухонагреватели, необходимые для поддержания заданной температуры приточного воздуха;
- 3) твердотельное реле, благодаря которому можно регулировать мощность воздухонагревателя;
- 4) датчики температуры – для контроля и регулирования температуры приточного воздуха;
- 5) датчики избыточного давления – для контроля и регулирования избыточного давления в помещении, которое должно быть от 20 до 150 Па;
- 6) воздушные заслонки;
- 7) вентиляционные фильтры;
- 8) датчики перепада давления – для контроля состояния вентиляционных фильтров;

- 9) контроллер;
- 10) частотный преобразователь – для регулирования скорости вращения вентилятора

Система дымоудаления относится к системам противопожарной безопасности, а это означает, что в данной системе необходимо использовать средства пожарной автоматики с действующим сертификатом соответствия в области пожарной безопасности [4].

Рассмотрим программируемый логический контроллер с действующим сертификатом соответствия в области пожарной безопасности – «ПЛК160-220.А-М», представленный на рисунке 1.

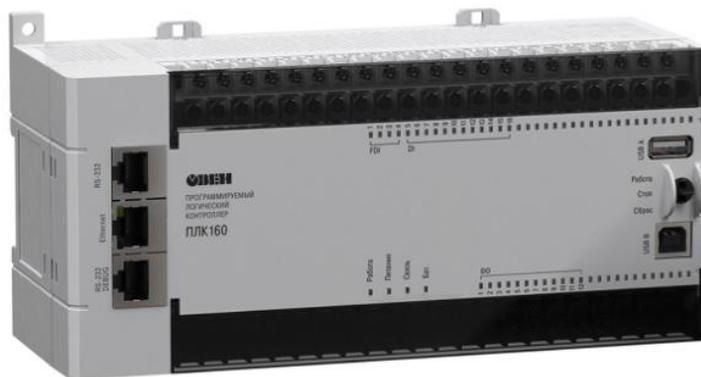


Рисунок 1. Программируемый логический контроллер «ПЛК160-220.А-М».

В ПЛК160-220.А-М реализовано 16 дискретных входов (DI), 12 дискретных выходов (DO), 8 аналоговых входов (AO) и 4 аналоговых выхода (AI).

Имеет следующие интерфейсы связи: Ethernet 100 Base-T; RS-232; RS-232-Debug; RS-485; USB 2.0.

Среда программирования, которая известна многим инженерам – CODESYS V2.3, поддерживающая основные языки программирования стандарта МЭК 61131-3.

Данный контроллер можно использовать для регулирования системы подпора воздуха в противодымной вентиляции. На борту данного контроллера присутствуют аналоговые входы (AO) и аналоговые выходы (AI), а значит имеется возможность для подключения аналоговых датчиков температуры, избыточного давления, частотного преобразователя для регулирования скорости вращения вентилятора и твердотельного реле для регулирования мощности воздухонагревателя.

Таким образом с помощью программируемого логического контроллера «ПЛК160-220.А-М» имеется возможность поддерживать температуру приточного воздуха, а также необходимое избыточное давление в помещении, так как он имеет достаточное количество аналоговых и дискретных входов и выходов, что является основным его преимуществом. Следовательно, используя данный контроллер, удастся исключить установку дополнительных модулей ввода/вывода, что упростит монтаж системы и, соответственно, данная система будет дешевле.

В вытяжной противодымной вентиляции может использоваться следующее оборудование:

- 1) вентиляторы дымоудаления, предназначенные именно для вытягивания дымовых газов из здания, обычные вентиляторы не подлежат использованию;
- 2) дымовые и тепловые датчики;
- 3) охранно-пожарный пульт контроля и управления или другими словами центральный сетевой контроллер, сигнал с которого запустит определенный алгоритм для срабатывания всех систем в случае возникновения пожара;
- 4) контроллер двухпроводной линии связи, предназначенный для контроля состояний дымовых датчиков;

- 5) охранно-пожарный приёмно-контрольный блок, необходимый для запуска вентилятора дымоудаления;
- 6) огнезадерживающие клапаны;
- 7) сигнально пусковые блоки, задача которых заключается в управлении положением огнезадерживающих клапанов и контролем их состояний;
- 8) ручной пожарный извещатель;
- 9) резервированный источник питания;
- 10) преобразователь протоколов, который может потребоваться в случае различия протоколов связи в приточной и вытяжной противодымной вентиляции для их связи между собой.

Центральный сетевой контроллер в системе дымоудаления является главным управляющим устройством, которое контролирует и координирует работу всех компонентов системы. Он осуществляет мониторинг, управление и сбор данных о состоянии системы и предоставляет оператору возможность принимать решения и реагировать на аварийные ситуации.

Функции центрального сетевого контроллера в системе дымоудаления включают:

1. Мониторинг дымовых и тепловых датчиков: следит за состоянием датчиков, которые обнаруживают дым или повышение температуры в помещении. Он получает информацию о сигналах с датчиков и анализирует их, чтобы определить возможную угрозу и принять соответствующие меры.
2. Управление клапанами и вентиляторами: может управлять клапанами и вентиляторами в системе дымоудаления, чтобы обеспечить эффективное удаление дыма из помещения. Он может открывать или закрывать клапаны, а также контролировать скорость работы вентиляторов в соответствии с требованиями эвакуации или тушения пожара.
3. Интеграция с аварийными системами: может быть интегрирован с другими аварийными системами, такими как системы оповещения о пожаре и системы автоматического пожаротушения. Это позволяет ему получать информацию о пожаре и синхронизировать работу системы дымоудаления с другими системами для эффективного и координированного реагирования на аварию.
4. Мониторинг состояния системы. Центральный сетевой контроллер является ключевым элементом системы дымоудаления, обеспечивая ей безопасную и эффективную работу. Он упрощает управление системой, повышает её надёжность и снижает время реакции на аварийные ситуации.

Как же работает система дымоудаления? При срабатывании дымовых датчиков в помещении центральный сетевой контроллер запустит определенный алгоритм в зависимости от того, где сработал датчик [5]. После этого запустится система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, отключится система общеобменной вентиляции для предотвращения распространения дымовых газов по зданию и запустятся вентиляторы дымоудаления. Также центральный сетевой контроллер подаст сигнал на закрытие огнезадерживающих клапанов и открытие тех огнезадерживающих клапанов, которые находятся в зоне возникновения пожара.

Система приточной противодымной вентиляции запускается спустя 30 секунд, так как в соответствии с требованиями пожарной безопасности последовательность действий должна обеспечивать опережающее включение вытяжной противодымной вентиляции от 20 до 30 секунд относительно момента запуска приточной противодымной вентиляции.

Системы дымоудаления с современным оборудованием играют важную роль в обеспечении безопасности в зданиях. Они обеспечивают эффективное быструю и точную детекцию пожара, своевременное удаление дыма из помещений и освобождение путей эвакуации. Использование современного оборудования позволяет создать надёжную систему

безопасности, которая способна обеспечить защиту от пожара и спастись людям в зданиях и помещениях.

1. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. // Инфра-Инженерия. М, 2008. С. 929.
2. Рябова В.И., Андреев А.А. Система дымоудаления в многоквартирном доме. // Научные горизонты. Белгород, 2019. С. 184-188.
3. Колесниченко Е.Л., Сивков Ю.В., Автоматизация системы пожаротушения и дымоудаления в здании ДК "Строитель" г. Тюмени. // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации). Тюмень, 2014. С. 240-243.
4. Киселева А.А., Смирнов В.Д., Внедрение современных систем дымоудаления в производственных помещениях. // Техносферная безопасность. Омск, 2019. С. 104-106.
5. Смирнов С.Н. Противопожарная безопасность. // Дело и Сервис. М, 2010. С.143.

Абзалов Д.Б., Сафин М.А.

Централизованная и децентрализованная система умного дома

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-700

Аннотация

В статье рассмотрена централизованная и децентрализованная система умного дома, а также выявлены их достоинства и возможности. Рассмотрена микроконтроллерная плата на базе ATmega2560 и выявлены её преимущества. Актуальность работы заключается в грамотном проектировании системы умного дома для повышения комфорта путём автоматизации различных систем.

Ключевые слова: автоматизация, технологии, умный дом, контроллер, интеграция, система, оборудование.

Abstract

The article examines the centralized and decentralized smart home system, as well as their advantages and capabilities. The microcontroller board based on ATmega2560 is considered and its advantages are revealed. The relevance of the work lies in the competent design of a smart home system to increase comfort by automating various systems.

Keywords: automation, technology, smart home, controller, integration, system, equipment.

В современном мире технологии становятся все более интегрированными в нашу повседневную жизнь, и одной из наиболее заметных и востребованных технологических инноваций является система умного дома. Система умного дома – это интеллектуальная интеграция различных систем и устройств в домашней среде, которая позволяет улучшить удобство, безопасность, энергоэффективность и управляемость [1].

Система умного дома включает в себя широкий спектр технологий и устройств, включая сети передачи данных, датчики, элементы освещения, безопасности и множество других устройств [2]. Все они связаны между собой и совместно работают через сеть и программное обеспечение, чтобы предоставить совершенно новый уровень удобства и контроля.

Система умного дома отлично справляется с автоматизацией повседневных задач и процессов. Например, имеется возможность настроить систему таким образом, что свет будет автоматически включаться и выключаться при входе или выходе из помещения или же можно настроить её так, чтобы свет включался и выключался по определенному расписанию пользователя.

Рассмотрим децентрализованную и централизованную систему умного дома.

Децентрализованная система умного дома — это система, в которой устройства и компоненты работают независимо друг от друга, без центрального контроллера или управляющего устройства [3]. В такой системе каждое устройство имеет свою собственную логику и способность принимать решения самостоятельно на основе собственной программы или алгоритма.

В децентрализованной системе умного дома каждое устройство может быть подключено к сети и иметь возможность обмениваться информацией с другими устройствами в доме. Таким образом, каждое устройство принимает решения и работает независимо, не требуя центрального контроллера.

Преимущества децентрализованной системы умного дома включают более гибкую и масштабируемую архитектуру, более высокую надёжность и отказоустойчивость, возможность обмена информацией и взаимодействия между устройствами без участия центрального контроллера. Однако децентрализованная система может быть более сложной для установки и настройки, требовать более высокого уровня знаний и умений пользователя.

Чаще всего при проектировании системы умного дома предпочтение отдают международному стандарту для автоматизации зданий и умных домов – KNX. В устройствах KNX нет центрального контроллера, наоборот, в каждое устройство встроен свой процессор, что повышает устойчивость системы. Устройства KNX соединяются между собой единой коммуникационной шиной.

KNX обычно использует проводную и беспроводную технологию для передачи данных между устройствами. Он поддерживает различные виды коммуникационных сред, таких как LAN, RS-485, KNX TP (Twisted Pair) и другие. Каждое устройство KNX, называемое KNX узлом, может обмениваться информацией и управлять другими устройствами, используя единый протокол. KNX предоставляет возможность интеграции и взаимодействия различных устройств и систем от разных производителей в одной сети.

К одной линии KNX можно подключить до 64 устройств и в случае необходимости имеется возможность расширить её до 256 устройств с помощью линейных усилителей путём разбиения данной линии на сегменты, которых должно быть максимум 4. Также имеется возможность подключения до 15 линий к главной линии KNX с помощью линейных соединителей, которые в свою очередь могут быть разделены на зоны, соединяемые с помощью зонных соединителей. При этом необходимо подключать свой блок питания KNX для каждого сегмента линии, а главная линия KNX должна иметь отдельный источник питания со встроенным дросселем. На зонной и главной линии не допускается подключение линейных усилителей.

Для создания определенных сцен в KNX имеется логический контроллер, который ещё называют сценарным контроллером. Благодаря такому контроллеру можно создать определенные сценарии, например, вечером будет постепенно гаснуть свет, температура в комнате уменьшится или увеличится до определенного значения и так далее.

Благодаря использованию данных устройств имеется возможность подключения до 58 000 устройств к шине KNX, что позволяет автоматизировать большие дома и здания. Такая система является наиболее гибкой и устойчивой, которую можно применить во всем, что необходимо конечному пользователю, но при этом она является дорогостоящим удовольствием для большинства людей.

Централизованная система умного дома — это система, которая объединяет и контролирует различные устройства и компоненты в доме, позволяя пользователям управлять ими из одного центрального места. Такая система обычно включает в себя центральный контроллер умного дома, который служит в качестве интерфейса для пользователей, а также различные сенсоры, датчики и другие устройства, которые могут быть установлены в разных частях дома.

Централизованная система умного дома предоставляет пользователю возможность контролировать освещение, отопление, кондиционирование и другие системы так же, как и децентрализованная система, но используя одну единую платформу.

Преимущества централизованной системы умного дома включают более удобное управление и мониторинг, экономию энергии за счёт автоматического контроля и регулирования систем, повышение безопасности дома и удобство использования. Однако такая система обычно требует более сложной установки и интеграции различных устройств, а также разработку специализированного программного обеспечения.

В целом система умного дома является достаточно дорогой для большинства людей и для того, чтобы сделать её более доступной необходимо грамотно продумать все аспекты домашней среды, которые необходимо автоматизировать и после этого выбирать центральный контроллер.

В качестве центрального контроллера можно использовать плату Arduino Mega2560 - микроконтроллерная плата на базе ATmega2560, представленная на рисунке 1.

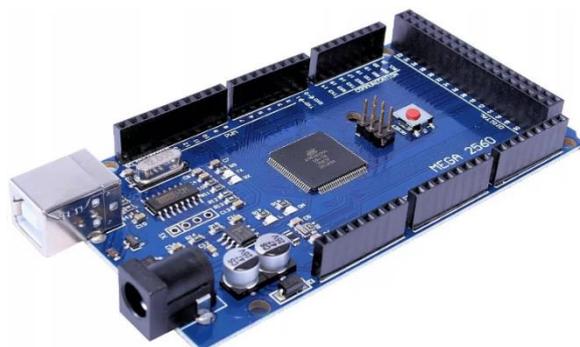


Рисунок 1. Плата Arduino Mega2560.

Данная плата имеет 54 цифровых выводов (из которых 15 могут использоваться как ШИМ-выходы), 16 аналоговых входов, 4 UART (аппаратных последовательных порта), кварцевый генератор 16 МГц, USB-соединение, разъем питания и кнопку сброса, что делает её подходящей для подключения и управления различными устройствами умного дома, такими как свет, термостаты, датчики и другие.

Однако, стоит отметить, что Arduino Mega2560 имеет ограниченные вычислительные мощности по сравнению с более мощными контроллерами или компьютерами. Таким образом, для более сложных и масштабируемых систем умного дома, возможно, потребуется использование более мощного аппаратного обеспечения или платформы. Но при этом данная плата является доступной для большинства людей, которые желают в той или иной степени автоматизировать свой дом или квартиру [4].

Одно из основных преимуществ системы умного дома является возможность реализации удалённого управления всей системой, то есть контролировать и управлять своим домом можно из любого места, где есть доступ к интернету. Это означает, что не нужно возвращаться домой и проверять закрыты ли окна или двери, выключен ли кондиционер и так далее. Также можно получать уведомления о событиях в доме, таких как срабатывание датчиков или регулярного обслуживания.

Однако, важно отметить, что система умного дома не лишена некоторых рисков и недостатков. Возможны сбои в работе системы, зависимость от электропитания и интернет-соединения, а также вопросы приватности и безопасности данных. Поэтому важно правильно настроить и защитить систему умного дома, а также соблюдать предосторожность при удалённом управлении.

Инновационное и удобное решение для улучшения домашней жизни именно так можно охарактеризовать систему умного дома [5]. Она позволяет осуществлять контроль и управление различными аспектами домашней среды, такая система повышает безопасность, энергоэффективность и управляемость, а также предоставляет возможность удалённого управления. Открытые возможности и перспективы системы умного дома только начинают

раскрываться, и она становится все более востребованной среди людей, стремящихся к современному и комфортному образу жизни.

1. Дементьев А.Д. «Умный» дом XXI века. // Издательские решения. Екатеринбург, 2016. С. 196.
2. Гильфанов К.Х., Мартышов А.С. Разработка устройства контроля микроклимата в помещении. // Актуальные научные исследования. Пенза, 2021. С. 120-122.
3. Фёдоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. // Инфра-Инженерия. М, 2008. С. 929.
4. Конева И.В. Автоматизация системы умного дома на базе Arduino. // Научно-технический прогресс и инновации. СПб. 2017. С. 42-46.
5. Олейник А.Б., Хахина А.М. Система умный дом. // Заметки учёного. Ростов-на-Дону. 2022. С. 31-34.

Андрейченко А.Е., Баклушина И. В.

Распределение воздушных потоков в помещениях с потолочными вентиляторами

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-701

Аннотация

Рассмотрены исследования эффективности и необходимости использования потолочных вентиляторов.

Ключевые слова: потолочный вентилятор, вентиляция, потоки, воздух.

Abstract

Studies of the effectiveness and necessity of using ceiling fans are considered.

Keywords: ceiling fan, ventilation, flows, air.

Потолочные вентиляторы являются наиболее распространенным оборудованием в любом доме с электричеством, обеспечивающим более интенсивное движение воздуха, поскольку потенциал естественной вентиляции ограничен. Однако область интенсивного воздушного потока, как правило, ограничена зоной под вентилятором.

Потенциал естественной вентиляции для обеспечения комфорта ограничен, и потолочные вентиляторы необходимы для обеспечения интенсивного движения воздуха внутри комнат. Моделируется схема воздушного потока, создаваемая потолочным вентилятором при наличии мебели, и результаты моделирования были подтверждены измерениями, сделанными на месте, и сравнены с результатами предыдущих исследований. Результаты показали различные области потока внутри помещения, наряду с характеристиками помещения, которые согласуются с областями потока, уже определенными в предыдущей литературе. Было замечено, что изменение геометрии комнаты и наличие мебели в пространстве значительно влияют на характер потока и равномерность распределения воздуха. Работа потолочного вентилятора внутри спальни с открытыми окнами обеспечила лучшее распределение воздушного потока на уровне кровати по сравнению с таковым в случае с закрытыми окнами. Открытие окон на противоположных стенах обеспечивало лучшее распределение воздуха, чем у окон на смежных стенах. Окно, открывающееся на одной стене, также обеспечивало лучший воздушный поток, чем в случае с закрытыми окнами. Неравномерность скорости воздуха снижается с 76% до 39% при открытии окон в комнате большого размера. Установлено, что распределение воздуха происходит более равномерно при открытии окон, независимо от размера комнаты. Снижение неравномерности является самым высоким (48,68%) в комнате большого размера и самым низким (9,09%) в комнате меньшего размера. Практика открывания окон наряду с принудительным движением воздуха с помощью потолочных вентиляторов улучшает распределение воздуха в помещении, что приводит к улучшению тепловой среды. Количественный анализ распределения воздушного потока внутри помещения для определения

расположения и количества потолочных вентиляторов и проектирования проемов комнаты поможет создать комфортную тепловую среду внутри помещения с помощью потолочных вентиляторов и перекрестной вентиляции во влажном климате. Альтернативные стратегии активной вентиляции могут быть энергоемким решением. Требуются дальнейшие исследования роли потолочных вентиляторов в обеспечении теплового комфорта при проведении различных мероприятий в спальне и энергопотребления для достижения комфортных условий.[1]

Также качественная вентиляция влияет не только на работоспособность и комфортные условия в помещении, но и оказывает огромное влияние на здоровье. Улучшение воздушного потока и вентиляции в помещениях имеет большое значение для уменьшения передачи аэрозолей воздушно-капельным путем. Примеры включают COVID-19 или аналогичные заболевания, которые передаются воздушно-капельным путем. Хотя существуют стандартные рекомендации по улучшению вентиляции помещений, влияние потолочного вентилятора на вентиляцию не изучалось. Такое вмешательство может иметь решающее значение, особенно в условиях ограниченных ресурсов. В данной работе численно изучили влияние вращающегося потолочного вентилятора на вентиляцию воздуха в помещении с использованием моделирования вычислительной гидродинамики (CFD). В частности, использовали модель турбулентности RANS и сравнили вычисленные поля расхода для стационарного и вращающегося вентилятора в офисном помещении с дверью и окном. В то время как зона рециркуляции охватывает все пространство для стационарного вентилятора, в случае вращающегося вентилятора в потоковом поле внутри помещения возникают более сильные зоны рециркуляции и небольшие зоны застоя. Зоны рециркуляции помогают притоку свежего воздуха через окно и удалению застоявшегося воздуха через дверь, тем самым улучшая скорость вентиляции на порядок.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), описывающими условия тремя критериями, в которых передача более вероятна, являются: места массового скопления людей, места тесного контакта (особенно там, где люди разговаривают очень близко друг к другу), такие как замкнутые пространства с плохой вентиляцией. Риск передачи еще больше возрастает, если эти три критерия накладываются друг на друга.

Были проведены различные исследования по распространению аэрозолей в наружной среде. Однако распределение аэрозолей в помещении существенно отличается из-за появления различных схем потока. Часть образующихся аэрозолей выходит из системы через вентиляцию внутри помещений, также известную как вытесняющая вентиляция. Пришли к выводу, что вентиляция в помещении должна усиливать вертикальную стратификацию, что может быть полезно для удаления застоявшегося теплого воздуха вблизи потолка.

В исследовании использовали стандарт на основе RANS модель турбулентности для моделирования и разрешения поля потока в типичных офисных помещениях с одним потолочным вентилятором. Для обеспечения точности моделирования были проведены валидация кода и исследования сходимости размеров сетки. Настоящее моделирование демонстрирует, что скорость вентиляции и ACH значительно улучшаются (на порядок величины) при вращающемся вентиляторе по сравнению с отсутствием вентилятора. Установлено, что вентиляция увеличивается линейно с увеличением скорости вращения вентилятора. Это улучшение вентиляции объясняется с использованием поля потока внутри помещения. При нынешней геометрической конфигурации помещения вращающийся вентилятор втягивает свежий воздух в помещение из области окна и выталкивает воздух из двери. Движение воздуха от окна к двери (или в противоположном направлении) зависит от взаимного расположения двери и окна и направления вращения вентилятора. Под окном образуется зона усиленной рециркуляции за счет падающей струи, исходящей от вращающегося вентилятора, и способствует притоку свежего воздуха из окна. [2]

За последние несколько лет потребление энергии для охлаждения в строительном секторе росло более быстрыми темпами, и, по прогнозам, эта тенденция сохранится к концу 21 века. Потребление энергии на охлаждение в настоящее время может достигать 9,3% от общего мирового потребления энергии в коммерческих зданиях и может усилиться из-за проблем

глобального потепления. Потолочный вентилятор, механическое охлаждающее устройство с низким энергопотреблением, может быть подходящим решением для охлаждения. Хотя потолочный вентилятор не является эффективным устройством в качестве кондиционера (АС) для охлаждения и поддержания температуры, это недорогое и практичное устройство для циркуляции воздуха, которое может улучшить тепловые ощущения пассажиров за счет циркуляции воздуха по внутреннему пространству. В отличие от кондиционера, который потребляет большое количество энергии, потолочный вентилятор является энергоэффективным устройством со значительно меньшим энергопотреблением. Потолочные вентиляторы в жилых, офисных и промышленных помещениях могут изменять распределение воздуха в помещении и способствовать улучшению качества воздуха в помещении, заменяя затхлый воздух с большей скоростью при наличии доступа свежего воздуха. Потолочные вентиляторы обеспечивают преимущества не только для обеспечения комфорта и снижения энергопотребления, но и обеспечивают индивидуальный контроль, нетепловые преимущества (т.е. воспринимаемое и измеримое качество воздуха) или эстетический выбор не только сами по себе, но иногда и как способ устранения видимых воздуховодов.[3]

1. Jayasree TK, Jinshah BS, Srinivas T. The effect of opening windows on the airflow distribution inside naturally ventilated residential bedrooms with ceiling fans. *Building Services Engineering Research and Technology*. 2022;43(1):23-39. doi:10.1177/01436244211024084
2. Mallah, S.R., Behera, S., Sharma, A. et al. Improving Indoor Air Ventilation by a Ceiling Fan to Mitigate Aerosols Transmission. *Trans Indian Natl. Acad. Eng.* 8, 171–182 (2023). <https://doi.org/10.1007/s41403-023-00387-x>
3. Sara Omrani, Soha Matour, Keivan Bamdad, Nima Izadyar, Ceiling fans as ventilation assisting devices in buildings: A critical review, *Building and Environment*, Volume 201, 2021, 108010, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108010>.

Андрейченко А.Е., Котова Ю.М., Баклушина И.В.

Гидроаккумулятивное гидроэлектроснабжение

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-702

Аннотация

Рассмотрены технология накопления гидроэнергии с помощью насосов (PHES).

Ключевые слова: гидроэнергия, источники, насос, PHES.

Abstract

The technology of accumulation of hydropower by means of pumps (PHES) is considered.

Keywords: hydropower, sources, pump, PHES.

Накопление гидроэнергии с помощью насосов (PHES) является хорошо зарекомендовавшей себя и коммерчески выгодной технологией для хранения электроэнергии в коммунальной сфере. Это не только возобновляемый и устойчивый источник энергии, но и возможность гибкого хранения энергии, что позволяет повысить стабильность сети при использовании возобновляемых источников энергии.

Обычно возобновляемые источники энергии естественным образом работают с разной степенью эффективности. Солнечная энергия более стабильна по сравнению с ветровой, поскольку скорость ветра является сильно изменяющимся метеорологическим параметром. Такая неустойчивая природа чистых источников энергии оказывает негативное влияние на производство энергии, становясь проблемой как для регулярной и бесперебойной подачи конечному потребителю, так и для стабильности сети в целом. Таким образом, вариант хранения энергии является решением и уже признан как средство, снижающее спрос на ископаемое топливо и сохранения состояния окружающей среды. В случае, когда на

инженерные сети накладываются технические ограничения, обусловленные отсутствием возможности использования генерирующих установок, а также ограниченность в размерах проектируемой системы, то тогда вариант накопления энергии считается наиболее эффективным вариантом.[1]

Можно заметить, что часто наблюдается несоответствие между производством возобновляемой энергии и ее потреблением. В отдаленных районах это обычно приводит к установке источников энергии, работающих на ископаемом топливе. Таким образом, внедрение в электрическую сеть небольшого числа децентрализованных (а иногда и крупных) электростанций на возобновляемых источниках энергии (фотоэлектрических, ветряных) является серьезной проблемой для стабильности сети. Ответы на эти проблемы должны включать в себя решения в объединение европейских сетей электропередачи с управлением спроса на электроэнергию и ее хранением, а также укреплением линий электропередачи.

Гидроаккумуляция с помощью насосов (PHES) является очень важным решением проблемы накопления энергии. Мировая мощность PHES составляет около 55 ГВт в Европе и более 170 ГВт по всему миру, что составляет 97% от общей мощности аккумуляции энергии. Традиционно эта система состоит из двух специализированных резервуаров на разных уровнях высоты, соединенных трубопроводом, насосной системой и гидравлическими турбинами. Во время низкого спроса на потребление PHES перекачивает воду из нижнего резервуара. Потенциальная энергия, запасенная в верхнем резервуаре, при необходимости, используется группой гидравлических турбин. Системы PHES надежны и используют только проверенные временем технологии. Несмотря на то, что они требуют большой площади, их легко устанавливать и обслуживать. Сегодня PHES, безусловно, является одним из наиболее экологичных вариантов хранения электроэнергии.

Производительность насоса PHES чувствительна к изменениям режима работы и непосредственно зависит от используемой турбомашин: насосы и турбины должны устанавливаться в соответствии с эксплуатируемым расходом, доступным напором и характеристикой трубопроводной сети. Хотя насосы и турбины рассчитаны на определенный расход, они могут работать в широком диапазоне, в таком случае насос выдерживает колебания напора и изменения общей нагрузки сети. Уровень воды может меняться на протяжении всего цикла опустошения и заполнения резервуара в соответствии с его конкретным режимом. В случае, когда вырабатываемая энергия поступает исключительно из возобновляемых источников, выбранный насос должен быть способен перекачивать воду в верхний резервуар и работать в обратном режиме (насос как турбина) с высокой эффективностью посредством регулировки частоты вращения. [2]

Говоря о ядерной энергетике, можно так же заметить, что работа ядерной установки напрямую зависит от количества нагрузки. Частое снижение мощности атомных электростанций не только увеличивает стоимость электроэнергии за счет снижения коэффициента загрузки, но и сильно ускоряет старение оборудования. Ядерная энергетика эффективна в случае, если в будущем планируется использовать ядерные установки без дальнейшего увеличения объемов производства электроэнергии. Здесь важной конструктивной задачей является возможность следить за нагрузкой. Однако реализация данной задачи, увеличит стоимость ядерной установки, а следовательно, и стоимость вырабатываемой на станции электроэнергии. Данные технологии до сих пор не получили широкого распространения, несмотря на исследования и разработки.[3]

Таким образом, можно сказать, что накопление энергии с помощью насосов (PHES) по сравнению с другими источниками, является более выгодной и экологичной технологией хранения энергии.

1. Шафикур Рехман, Луай М. Аль-Хадрами, доктор медицинских наук Махбуб Алам, Система гидроаккумуляции: технологический обзор / Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики, Том 44,2015, страницы 586-598, ISSN1364-0321

1. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.040>.
2. Алессандро Морабито, Патрик Хендрик, Насос как турбина в применении к накопителям микроэнергии и интеллектуальным сетям водоснабжения: тематическое исследование / Прикладная энергетика, Том 241, 2019, Страницы 567-579, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.018>.
3. Эдвард Барбур, И.А. Грант Уилсон, Джонатан Рэдклифф, Юлонг Дин, Юнлян Ли, Обзор развития гидроаккумуляторов на значительных международных рынках электроэнергии / Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики, Том 61, 2016, Страницы 421-432, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.019>.

Антоневич В.А., Антоневиц Г.Б., Гирина А.Н.
**Обоснование экономических показателей производства стабилизатора
среднемагистрального самолета**

*Оренбургский Государственный Университет
(Россия, Оренбург)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-703

Аннотация

Освоение российскими компаниями функций интеграторов систем не должно приводить к монополизации рынка; участие в создании и освоении новых технологий малых инновационных и инжиниринговых компаний может обеспечить необходимый уровень конкуренции, ускорить процессы вывода перспективных продуктов на рынок, повысить конкурентоспособность конечной продукции. Следует учитывать особенности Российской Федерации, связанные с законодательством и практикой бюджетного планирования и финансирования; концентрацией основных разработчиков и производителей авиационной техники, изделий, в крупных, преимущественно государственных компаниях. При изготовлении изделия необходимо учитывать специфику регулирования авиационной деятельности предприятия, выполнять расчеты экономических показателей производства. Немаловажным фактором является способность отрасли гибко реагировать на изменения внешнеэкономической конъюнктуры. В последние 40 лет выпускаются современные модификации самолетов с более экономичными двигателями Airbus 320. В первую очередь это означает повышение экономичности. Рассмотрим типовой расчет экономической нагрузки, проводимый при проектировании стабилизатора Airbus 320. Расчет предполагает нахождение наиболее рационального в конкретных условиях решения многокритериальной задачи путем анализа возможных вариантов и детальной проработки самого предпочтительного из них. Результатом является стоимость одной единицы изделия стабилизатора среднемагистрального воздушного судна и составляет шестьсот пятьдесят четыре тысячи триста девяносто два рубля, которая определяет прибыль и рентабельность производства на данный момент расчета.

Ключевые слова: затраты, расходы, расчёт, себестоимость, стабилизатор, фонды, формула, экономика.

Abstract

Mastering the functions of system integrators by Russian companies should not lead to monopolization of the market; participation in the creation and development of new technologies by small innovative and engineering companies can provide the necessary level of competition, accelerate the processes of bringing promising products to the market, increase the competitiveness of final products. It is necessary to take into account the peculiarities of the Russian Federation related to the legislation and practice of budget planning and financing; concentration of the main developers and manufacturers of aviation equipment, products, in large, mainly state-owned companies. When manufacturing a product, it is necessary to take into account the specifics of the regulation of the aviation activity of the enterprise, to perform calculations of economic indicators of production. An important factor is the ability of the industry to flexibly respond to changes in the foreign economic environment. In the last 40 years, modern modifications of aircraft with more economical Airbus 320 engines have been produced. First of all, this means an increase in efficiency. Let's consider a typical

calculation of the economic load carried out during the design of the Airbus 320 stabilizer. The calculation involves finding the most rational solution to a multi-criteria problem in specific conditions by analysing possible options and working out in detail the most preferable of them. The result is the cost of one unit of the stabilizer of a medium-haul aircraft and is six hundred and fifty-four thousand three hundred and ninety-two rubles, which determines the profit and profitability of production at the moment of calculation.

Keywords: costs, expenses, calculation, cost, stabilizer, funds, formula, economy.

Airbus 320 - региональный, среднемагистральный самолет, особенностью которого является срезанная носовая стойка шасси. Это узкофюзеляжный свободносущий моноплан с круглой формой фюзеляжа и низкорасположенным крылом стреловидной формы[2].

Смета затрат на производство представляет собой сумму всех затрат по цеху, которые составляются по экономическим элементам и статьям расходов. Подготовка необходимой информации не требует значительных затрат, но должна быть осуществлена достаточно быстро. Рассчитаем необходимые производственные площади, количество рабочих, оснащенность цехов и др. Этап экономического расчета проводится в самом начале проектирования, так как от правильности вычислений и полученной рентабельности будет зависеть дальнейший бюджет, себестоимость и вектор производства. Расчеты должны быть максимально объективными.

Представим типовые расчеты стоимости материалов, затрат на бытовые нужды, амортизацию, прочие расходы и вычислим планово-расчетную стоимость изделия в целом. Проведенные вычисления будут использованы в дальнейшем проектировании изделия.

Сумма затрат на производство с помощью экономических элементов включает следующие затраты: основные материалы; износ малоценного инструмента и приспособлений; электроэнергия; заработная плата рабочих; отчисления на социальное страхование; амортизация основных фондов; прочие затраты (сжатый воздух, пар, вода, текущий ремонт, транспортные и прочие расходы).

Потребность в основных материалах определяется по формуле:

$$M = T \cdot C_m \cdot M_{\text{изд}} = 15 \cdot 490 \cdot 146,6 = 1077510 \text{ руб.}$$

где C_m - стоимость расходуемого материала на 1 маш/комп; $C_m = 490$ руб; $M_{\text{изд}}$ - масса расходуемого материала на изделие; $M_{\text{изд}} = 146,6$ кг.

Затраты на электроэнергию будут составлять расходы на энергию освещения рабочих мест. Рассчитаем стоимость энергии на освещение рабочих мест:

$$W_{\text{осв}} = N_{\text{уд}} \cdot S_{\text{общ}} \cdot T_{\text{осв}} \cdot K_d = 0,03 \cdot 397,6 \cdot 1300 \cdot 1,1 = 17057 \text{ кВт/ч.},$$

где $N_{\text{уд}}$ - удельная норма расходов на 1м²; $N_{\text{уд}} = 0,03$ кВт/м²; $T_{\text{осв}}$ - продолжительность осветительного периода; $T_{\text{осв}} = 1300$ ч; K_d - коэффициент дежурного освещения; $K_d = 1,1$.

Для того, чтобы найти затраты на электроэнергию, воспользуемся формулой:

$$Z_{\text{эл}} = W_{\text{осв}} \cdot C_1 = 17057 \cdot 74,37 = 1268529,1 \text{ руб}$$

где C_1 - стоимость одного кВт энергии на 2021 год; $C_1 = 74,37$ руб.

Расходы на производственные и бытовые нужды определяются исходя из норм расхода горячей воды и холодной воды:

$$I_g = I_{\text{уд}} \cdot F \cdot I_{\text{общг}} = 70 \cdot 247 \cdot 3 \cdot 0,4 = 20748 \text{ м}^3.$$

где $I_{\text{уд}}$ - норма расхода горячей воды в сутки на 1 человека; $I_{\text{уд}} = 70$ л/чел; F - число рабочих дней в году; $F = 247$ дней; $I_{\text{общг}}$ - 40% от количества работающих человек; $I_{\text{общг}} = 3$ чел.

$$I_x = I_{\text{удв}} \cdot F \cdot I_{\text{общ}} = 40 \cdot 247 \cdot 5 = 49400 \text{ м}^3.$$

где $I_{\text{удв}}$ - норма расхода холодной воды в сутки на 1 человека; $I_{\text{удв}} = 40$ л/чел; F - число рабочих дней в году; $F = 247$ дней; $I_{\text{общ}}$ - количества работающих человек; $I_{\text{общ}} = 5$ чел.

Таблица 1

Затраты на бытовые нужды.

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество	Цена, руб.	Стоимость руб.
1 Электроэнергия всего	кВт/ч	17057	74,37	1268529,1
2 Вода холодная	м3	49400	21,74	1073956
3 Вода горячая	м3	20748	135,87	2819031
Итого				5161516,1

Затраты на амортизацию и текущий ремонт рассчитываются по однородным группам основных фондов исходя из балансовой стоимости и средних норм амортизации[1].

Таблица 2

Амортизационные отчисления и текущий ремонт.

Группы основных фондов	Балансовая стоимость	Амортизация		Текущий ремонт	
		%	Сумма, руб	%	Сумма, руб
1	2	3	4	5	6
1 Здания, сооружения, передаточные устройства	5964000	3	178920	1	59640
2 Оборудование цеха	363910	10	36391	5	18196
3 Энергетическое оборудование	43669	20	8734	6	2620
1	2	3	4	5	6
4 Подъемно-транспортное оборудование	54586	40	21834	10	5459
5 Инструмент и приспособления	7278	14	1019	5	364
Итого	6433443		246898		86279

Транспортные расходы определяются по формуле:

$$Зт = qм \cdot T \cdot Ст \cdot Кпр = 146,6 \cdot 15 \cdot 2,3 \cdot 3 = 15173,1 \text{ руб.}$$

где $qм$ - нормы расходов основных материалов на 1 маш/комп.; $qм = 146,6$ кг; $Ст$ - стоимость перевозки груза за 1 кг; $Ст = 2,3$ руб/кг; $Кпр$ - коэффициент, учитывающий прочие перевозки; $Кпр = 3$.

Далее можно анализировать степень влияния тех или иных параметров:

$$Зпроч = Рпроч \cdot F \cdot Юбщ = 550 \cdot 247 \cdot 5 = 679250 \text{ руб.}$$

где $Рпроч$ - прочие расходы на 1 рабочего; $Рпроч = 550$ руб/день [4].

Таблица 3

Смета затрат на производство.

Элементы затрат	Затраты	
	Сумма, руб	%
1	2	3
1 Основные материалы	1077510	38,5
2 Амортизация основных фондов	67978	2,4
3 Заработная плата работающих	1269785	45,4
4 Отчисления во внебюджетные фонды	380935	13,6
Итого	2796208	100

Распределяем данные сметозатраты на производство по статьям себестоимости товарной продукции.

Таблица 4

Статьи затрат.

Статьи затрат	Сумма, руб
1 Амортизация оборудования	67978
2 Текущий ремонт оборудования	26639
Итого	94617
Цеховые расходы	
Статьи затрат	Сумма, руб
1 Энергоресурсы для хозяйственных нужд	5161516,1

2 Амортизация здания	178920	
3 Текущий ремонт	59640	
4 Транспортные расходы	15173,1	
5 Прочие расходы	679250	
Итого	6094499,2	
<i>Себестоимость товарной продукции</i>		
<i>Статьи затрат</i>	<i>Сумма, руб</i>	<i>Удельный вес, %</i>
1 Затраты на производство	2796208	31,12
2 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	94617	1,05
3 Цеховые расходы	6094499,2	67,83
Итого	8985324,2	100

Таблица 7

Основные статьи затрат

<i>Статьи затрат</i>	<i>Сумма, руб</i>
Основные материалы	1077510
Зарплата производственных рабочих	1269785
Отчисления во внебюджетные фонды	380935
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	94617
Цеховые расходы	6094499,2
Прибыль (10% от себестоимости)	898532,4
Планово-расчетная цена 1 маш./ком.	654392

Расчет экономических показателей и в частности планово-расчетной цены изделия в авиационной промышленности является одним из первоначальных и важнейших этапов проектирования и всего производства. На основе анализа показателей, планово-расчетная цена одного стабилизатора среднемагистрального воздушного судна составляет шестьсот пятьдесят четыре тысячи триста девяносто два рубля. Взятые за основу расчеты стоимости стабилизатора определяют рентабельность изготовления изделия, прибыль предприятия и вносят в дальнейшем корректировки, влияющие на объемы изготовления детали. Расчет экономических показателей производства позволил определить фактические фонды расходов на изготовление, скорректировать и довести до оптимальных ресурсы на выполнение работ [3]. После приведенных расчетов указывается прирост выпуска продукции, чистого дисконтированного дохода, инвестиции на реконструкцию цеха, срок их окупаемости и рентабельность инвестиций. Приводятся рекомендации по дальнейшему увеличению чистого дохода предприятия.

1. Калугина Галина Александровна *МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВИАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СЕМЕЙСТВА САМОЛЕТОВ* // Труды МАИ. 2013. №69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/marketingovye-issledovaniya-aviatsionno-promyshlennyh-predpriyatij-pri-formirovanii-semeystva-samoletov> (дата обращения: 02.11.2023).
2. Лопаткин Ростислав Викторович *Гражданское авиастроение РФ: баланс национальных интересов и интеграция в глобальные производственные цепочки* // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/grazhdanskoe-aviastroenie-rf-balans-natsionalnyh-interesov-i-integratsiya-v-globalnye-proizvodstvennye-tsepochki> (дата обращения: 29.10.2023).
3. Скарედнов Ю.В. *Финансово-экономические аспекты обновления авиапарка* // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2007. №11 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansovo-ekonomicheskie-aspekty-obnovleniya-aviaparka> (дата обращения: 11.11.2023).
4. Чинючин Юрий Михайлович, Берлев Владислав Павлович, Ойдов Намбат *Современные тенденции и технологии обучения авиационного технического персонала для обслуживания отечественных и зарубежных воздушных судов* // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. №216 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-i-tehnologii-obucheniya-aviatsionnogo-tehnicheskogo-personala-dlya-obsluzhivaniya-otechestvennyh-i> (дата обращения: 13.11.2023).

Бадыков Д.И.

Рекомендации по выбору центробежного насоса для проведения ремонтных работ в системе магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-704

Научный руководитель: Бражников М.А.

Аннотация

В сфере магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов регулярные ремонтные работы имеют особое значение, поскольку обеспечивают надежность и безопасность эксплуатации существующих трубопроводных систем. Одним из ключевых аспектов таких ремонтов является выбор центробежного насоса, который обеспечивает непрерывную подачу нефти или нефтепродуктов во время проведения работ. В данном тексте представлены рекомендации по выбору подходящего центробежного насоса для выполнения ремонтных работ в системах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: выбор центробежных насосов, ремонтные работы на магистральном нефтяном транспорте, центробежные насосы в нефтяной отрасли.

Abstract

In the field of mainline transportation of oil and petroleum products, regular repair work is of particular importance, since it ensures the reliability and safety of operation of existing pipeline systems. One of the key aspects of such repairs is the choice of a centrifugal pump, which provides a continuous supply of oil or petroleum products during the work. This text provides recommendations for selecting a suitable centrifugal pump for performing repair work in mainline oil and petroleum products transportation systems.

Keywords: selection of centrifugal pumps, repair work on main oil transport, centrifugal pumps in the oil industry.

Нефтегазовая промышленность на сегодняшний день занимает одну из важнейших ролей для развития промышленности России в области энергетических ресурсов. Основное сырьевое богатство России на данный момент занимает нефть. На любых нефтегазовых предприятиях используется специальное оборудование для обеспечения полной переработки нефти и газа.

Целью данного исследования является предоставление ключевых рекомендаций для определения и выбора наиболее подходящего центробежного насоса для ремонтных работ в системах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.

Центробежный насос самый распространенный класс в нефтегазовой индустрии, так как с помощью него можно транспортировать бензин, продукты диализа нефти, мазут, дизель и т. д. Винт — важнейшее составляющее центробежных насосов. К плюсам таких насосов можно отнести:

- высокий КПД;
- равномерный напор на выходе;
- возможность регулировки потока;
- высокая эффективность при работе на глубине;
- минимальные затраты энергии на работу [1].

Для начала, составим общий алгоритм важных компонентов по выбору центробежного насоса для проведения ремонтных работ.

1. Пропускная способность. В зависимости от объема нефти или нефтепродуктов, которые нужно подавать в процессе ремонтных работ,

необходимо определить требуемую пропускную способность центробежного насоса.

2. Рабочее давление. Учитывая особенности системы магистрального транспорта, важно определить рабочее давление, при котором центробежный насос будет работать эффективно и безопасно.
3. Тип транспортируемой среды. Анализируя свойства нефти или нефтепродуктов, следует учесть их агрессивность, вязкость и содержание твердых частиц. Эти параметры помогут выбрать подходящий материал для частей насоса, а также определить требуемую прочность и надежность работы.

После определения технических требований, следует перейти к выбору подходящего типа центробежного насоса. Ниже представлены основные виды центробежных насосов:

1. Центробежные насосы со стандартными характеристиками. Являются наиболее распространенным вариантом и подходят для большинства ремонтных работ в системах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.
2. Центробежные насосы с улучшенными характеристиками. Эти насосы обладают улучшенными техническими характеристиками, такими как повышенное давление или увеличенная пропускная способность. Их следует использовать в случае, если обычные насосы не способны удовлетворить требования участков ремонтных работ.
3. Центробежные насосы с антикавитационной защитой. Такие насосы обеспечивают защиту от кавитации, проявляющейся в виде пузырьков воздуха или пара в жидкости, и могут применяться в случаях, когда возможно возникновение подобных проблем.

Итак, выделим важные рекомендационные параметры выбора центробежных насосов.

Рассмотрим погружной нефтяной центробежный насос типа ЭЦНМ, который входит в группу насосов со стандартными характеристиками. ЭЦНМ - вертикальный электронасосный агрегат с центробежным скважинным многоступенчатым погружным насосом для откачки из нефтяных скважин пластовой жидкости (смесь нефти, попутной воды и нефтяного газа) с концентрацией твердых частиц не более 0,01% (0,1г/л), сероводорода не более 0,001% (0,01г/л), попутной воды не более 99%. Максимальное содержание газа на входе в насос не более 25% по объему. Температура перекачиваемой среды 90°C. Напряжение сети 1000В [2].

Представим расчеты в виде диаграммы сравнения основных характеристик насоса (см. Рисунок 1).

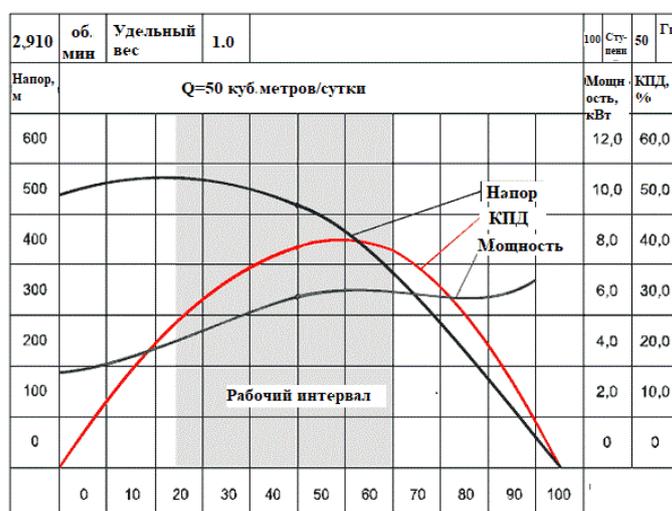


Рисунок 1. Характеристики погружных центробежных насосов

Анализируя график, можно сделать вывод, что группа насосов со стандартными характеристиками имеют параболическое изменение КПД с центром в 45%, что является очень слабым показателем для уровня ремонтных работ на магистральных нефтепроводах.

Укажем преимущества и недостатки использования центробежных насосов.

Одним из главных преимуществ центробежных насосов является их высокая производительность. Благодаря своей конструкции и способности создавать большое давление, они позволяют осуществлять эффективный и быстрый транспорт нефтепродуктов. Это важно при ремонте нефтепроводов, чтобы минимизировать время простоя и обеспечить непрерывность поставок.

Еще одним преимуществом центробежных насосов является их универсальность и гибкость. Они могут быть установлены как на суше, так и на море, а также использоваться для перекачки различных видов нефтепродуктов. Благодаря этому, ремонтные работы могут быть выполнены в любой точке нефтепровода без необходимости строительства новых насосных станций или использования других типов насосов.

Однако, помимо своих преимуществ, центробежные насосы также имеют некоторые недостатки. Их главным недостатком является высокая зависимость от энергоснабжения. В случае отключения электричества или сбоя в работе электрической системы, центробежные насосы перестают функционировать и требуют дополнительных усилий для их запуска. Это может привести к существенным задержкам в ремонте нефтепровода и потерям для компании.

Кроме того, центробежные насосы требуют регулярного обслуживания и технического обследования. Из-за высоких нагрузок и интенсивности использования, они подвержены износу и возможным поломкам. Поэтому необходимо проводить регулярные проверки и замены деталей для обеспечения надежной и безопасной работы. Составим сводную таблицу плюсов и минусов центробежных насосов.

Таблица 1

Плюсы и минусы центробежных насосов.

<i>Центробежные насосы</i>	
<i>Плюсы</i>	<i>Минусы</i>
<i>Равномерность подачи</i>	<i>Невозможность создания высокого давления</i>
<i>Быстроходность</i>	<i>Уменьшение подачи с увеличением напора</i>
<i>Компактность</i>	<i>Низкий КПД</i>
<i>Простая конструкция</i>	<i>Устаревшая конструкция</i>
<i>Перекачивание загрязненных жидкостей</i>	<i>Необходимость заливки насоса перед спуском</i>

4. Оценим корпус насоса. Конструкция корпуса центробежного насоса определяется в основном температурой, давлением и физико-химическими свойствами перекачиваемой жидкости.

Для перекачки холодных нефтепродуктов используют многоступенчатые насосы, корпус которых выполнен из чугуна. Вал и корпус насоса уплотняются сальниками с эластичной набивкой из пропитанных асбестовых колец, которые по мере износа подтягиваются нажимной втулкой. Их также необходимо рассмотреть, как отдельный критерий.

Для уменьшения гидростатического давления на сальник, находящийся на стороне нагнетания, предусмотрено разгрузочное устройство в виде лабиринтного уплотнения и отводящей трубки.

При температуре выше 200оС трудно обеспечить герметичность в плоскости горизонтального разъема корпуса. Поэтому горячие насосы имеют двойной корпус. Внешний корпус – кованный или литой, изготовлен из высоколегированной стали и имеющий фланцевый разъем в вертикальной плоскости. Внутренний литой корпус с проточной частью имеет горизонтальный разъем или собирается из секций. При изменении температуры оба корпуса могут удлиняться независимо [3].

4. Изучим возможные риски и безопасное использование материалов.

Чтобы исключить возможность возникновения пожара и взрыва при перекачке нефтепродуктов при температурах до 400°С, сальники и стыки корпуса горячего насоса должны быть герметичными.

Сальники и подшипники горячих насосов дополнительно охлаждаются водой под давлением 0,15 МПа, а в корпус сальника подводится уплотнительная охлажденная жидкость (масло) под давлением $p = p_{\text{сальника}} + 0,15 \text{ МПа}$. Соответственно, совершенствование данных деталей несет за собой некие риски и угрозы взрыва или пожара.

5. Изучим влияние уплотнений на работу центробежных насосов, которое было выявлено выше.

Одним из наиболее распространенных типов уплотнений, применяемых в центробежных насосах, являются механические уплотнения. Они состоят из стационарной и вращающейся частей, прессирующихся друг к другу для создания герметичной оболочки. Эти уплотнения обладают высокой степенью надежности и сохраняют свою эффективность даже при высоких температурах и давлениях. Кроме того, механические уплотнения позволяют легко настраивать степень их сжатия, что приводит к повышению энергоэффективности насосной системы.

Другим распространенным типом уплотнений центробежных насосов являются уплотнения на основе сальников. Они образованы с помощью прокладок и уплотняющих элементов, которые сохраняют жидкость или газ внутри насоса. Уплотнения на основе сальников обладают гибкостью и адаптивностью, что позволяет им легко приспособиться к изменяющимся условиям работы насосной системы. Они также обеспечивают снижение трения и износа насосных деталей, увеличивая его срок службы.

Важным аспектом уплотнений центробежных насосов является подбор правильного материала для изготовления уплотняющих элементов. Это влияет на их устойчивость к агрессивным средам и химическим взаимодействиям. Применение специальных покрытий и пластиковых материалов позволяет увеличить износостойкость уплотнений и обеспечить долгосрочную надежность работы насосной системы.

Сальники с мягкой набивкой. Для уплотнения валов центробежных нефтяных насосов применяют сальники с мягкой набивкой из различных материалов. На рис. 2 приведена конструкция сальника с мягкой набивкой и с рубашкой для охлаждения.

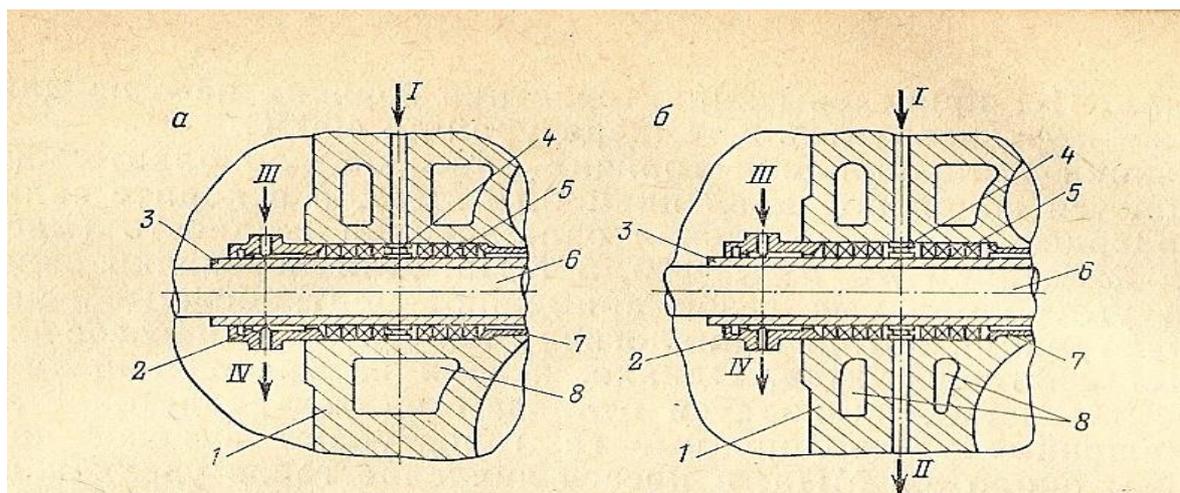


Рисунок 2. Сальниковое уплотнение с мягкой набивкой центробежного нефтяного насоса:

а – тупиковая схема; б – циркуляционная схема; I – ввод уплотнительной жидкости; II – вывод уплотнительной жидкости; III – ввод воды; IV – вывод воды; 1 – корпус насоса; 2 – нажимная втулка; 3 – защитная втулка; 4 – фонарь; 5 – набивка; 6 – вал; 7 – грундбукса; 8 – канал для охлаждающей жидкости [4].

Тупиковую схему подачи уплотнительной жидкости применяют для перекачки холодных нефтепродуктов, кислот и щелочей. Циркуляционную схему рекомендуется применять для перекачки горячих нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов.

Торцовые уплотнения центробежных насосов. Уплотнения этого вида рекомендуется применять при перекачке сжиженных углеводородных газов и легких нефтепродуктов, когда сальниковые уплотнения с мягкой набивкой не обеспечивают полной герметичности.

Торцовые уплотнения могут быть одинарными (рис. 3) и двойными. При одинарном уплотнении с внешней стороны насоса сальниковая камера изолирована крышкой 4, которая на прокладке крепится шпильками и гайками к корпусу.

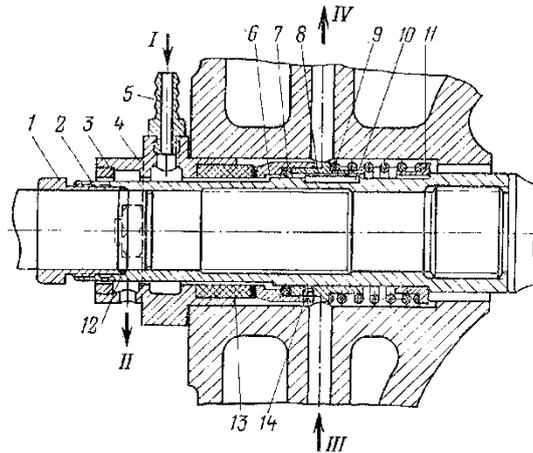


Рисунок 3 - Одинарное торцовое уплотнение:

I, II - ввод и вывод воды; III, IV - ввод и вывод уплотнительной жидкости; 1 - нажимная гайка; 2 - гильза вала; 3, 7, 12 – уплотняющие кольца; 4 – крышка; 5 – штуцер; 6 – вращающаяся втулка; 8 – нажимная втулка; 9 – пружина; 10 – шпонка; 11 – упорная втулка; 13 - неподвижная втулка; 14 – специальный винт.

Одинарные торцовое уплотнение обычно работает без уплотнительной жидкости. Охлаждение и смазка трущихся торцов вращающейся и неподвижной втулок осуществляется перекачиваемым нефтепродуктом. В крышку уплотнения подается охлаждающая вода.

Наконец, следует отметить, что правильное техническое обслуживание и регулярная замена уплотнений центробежных насосов являются неотъемлемой частью их эксплуатации. Это помогает предотвратить преждевременный выход насоса из строя и обеспечивает его непрерывную работоспособность.

В целом, уплотнения центробежных насосов играют важную роль в обеспечении безопасной и эффективной работы насосных систем. Они позволяют предотвратить утечку нефти или газа, защитить насос от износа и долгосрочно поддерживать его работоспособность. Правильный выбор типа уплотнения и подходящего материала является ключевым фактором для обеспечения надежной работы насосной системы.

Оценим затраты на ремонт центробежных насосов.



Рисунок 4. Структура эксплуатационных затрат на жизненный цикл насоса

В жизненном цикле ЦН затраты на ремонт занимают 32% всех возможных ценовых потерь. Анализируя все вышеперечисленные критерии, сделаем вывод, что модернизация

технических компонентов центробежных насосов для проведения ремонтных работ в системе магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов необходима.

Выбор центробежного насоса для проведения ремонтных работ в системах магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов является ответственным и важным вопросом. Правильный выбор насоса обеспечивает эффективность и безопасность проводимых работ. При выборе следует учитывать технические требования, определять необходимый тип насоса и анализировать все возможные варианты. Соблюдение данных рекомендаций поможет избежать проблем в процессе выполнения ремонтных работ и обеспечить эффективное функционирование системы магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов.

1. Абдурашитов, С. А. Насосы и компрессоры / С. А. Абдурашитов, А. А. Тупиченков, И. М. Вершинин, С. М. Тененгольц. — М.: Недра, 1974. — 296 С. 2.
2. Авлиякулов, Н. Н. Качественные показатели сооружения магистрального нефтегазопровода в соответствии с требованиями системы менеджмента качества / Н. Н. Авлиякулов, М. Ю. Ибрагимов, З. А. Насруллаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 12.3 (116.3). — С. 1-4.
3. Аксютин О.Е. Повышение надежности функционирования газотранспортной системы ОАО «Газпром» // Газовая промышленность – 2010. - № 3. – С. 22-25
4. Воеводин И.Г., Арбузов Ю.А., Химич В.Н., Грачев В.А., Дзиев С.К. Ранжирование участков линейной части магистральных газопроводов для вывода в ремонт// Газовая промышленность. – 2010. – № 5. – С. 54-56
5. Волчеквич И.Л. Исследование фактической работоспособности современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ // Машиностроение и техносфера XXI века: Сборник докладов XVII международной научно-технической конференции. – Донецк, 2011. – С. 144–145.
6. Волков, А. В. Повышение эффективности работы центробежных насосов, находящихся в эксплуатации / А. В. Волков, А. Г. Парыгин, Г. П. Хованов, А. В. Наумов // Новости теплоснабжения. – 2010. №10. – С 122.
7. Каляшина А.В. Общие подходы к оценке эффективности промышленного оборудования // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-5. – С. 980-984.
8. Андреев А.Ф., Лопатина С.Г., Маккавеев М.В., Победоносцева Н.Н.. Основы менеджмента (нефтяная и газовая промышленность): Учебник. — М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007 – С. 264

Баклушина И. В.

Расширение возможностей BIM –моделирования с помощью компьютерного зрения и анализа данных 3D-облака точек

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-705

Аннотация

Описан метод получения подробной геометрической и топологической информации о строительных объектах, основанный на анализе иерархической структуры контуров зданий с применением системы картографирования LiDAR. Приведен пример метода реконструкции и сохранения объектов при обработке 3D-облака точек на основе данных, полученных LiDAR с применением стратегии аппроксимации на основе преобразования Хафа.

Ключевые слова: 3D-модель, LiDAR, компьютерное зрение, реконструкция, BIM, облако точек, дерево контуров, стратегия аппроксимации.

Abstract

A method is described for obtaining detailed geometric and topological information about construction objects, based on the analysis of the hierarchical structure of building contours using the LiDAR mapping system. An example of a method for reconstructing and preserving objects when processing a 3D point cloud based on data obtained by LiDAR using an approximation strategy based on the Hough transform is given.

Keywords: 3D model, LiDAR, computer vision, reconstruction, BIM point cloud, contour tree, approximation strategy.

Идее компьютерного зрения уже шесть десятилетий. Всего за полтора десятилетия назад произошел невероятный по масштабам всплеск реального применения методов компьютерного зрения в сфере гражданского строительства. Речь идет о том, чтобы заставить компьютеры воспринимать или понимать визуальные данные в виде изображений или видео в качестве входных данных. Уровень понимания отдаленно имитирует уровень зрительной системы человека [1]. Системы компьютерного зрения как метод сбора визуальных данных приобретают все большее значение в качестве инструмента моделирования объектов в состоянии «как есть, где есть», особенно для геодезических приложений. В этом отношении особого упоминания заслуживают информационные модели зданий (BIM) [2,3]

Авторы исследования [4] применили систему картографирования LiDAR в качестве источника данных для получения подробной геометрической и топологической информации о строительных объектах. В этом исследовании авторы использовали метод, основанный на анализе иерархической структуры контуров зданий, полученных по данным LiDAR, для реконструкции моделей городских зданий. Предлагаемый подход сначала использует основанный на теории графов метод локализованного дерева контуров для представления топологической структуры зданий, затем разделяет здания на разные части путем анализа их топологических взаимосвязей и, наконец, реконструирует модель здания путем интеграции всех отдельных моделей, созданных с помощью процесса сопоставления двудольных графов. Данный подход обеспечивает более полное топологическое и геометрическое описание контуров здания, чем существующие подходы. Оценка эффективности метода происходила в регионе Луцзяцзуй в Шанхае, Китай, так как это сложный и крупный городской пейзаж с различными типами зданий. Результаты показали, что сложные здания могут быть успешно реконструированы со средней ошибкой моделирования 0,32 м. Данный метод предлагает многообещающее решение для реконструкции 3D-модели здания по облакам точек воздушного LiDAR.

Процедуры, составляющие этот метод:

1. генерация контура здания,
2. построение локализованного дерева контуров,
3. сопоставление двудольного графа
4. реконструкция модели здания.

При генерации контуров здания контуры каждого здания извлекаются из облаков точек бортового LiDAR с ориентированием по векторным данным 2D-проекций зданий. При построении локализованного дерева контуров на основе графиков иерархическая структура каждого здания анализируется и представляется в виде дерева контуров. [5] Исследуя его топологическую структуру, дерево контуров затем разделяется на несколько поддеревьев, которые представляют разные части здания. При реконструкции модели зданий восстанавливаются путем соединения всех отдельных частей моделей зданий, сгенерированных на основе сопоставления отдельных элементов и плоских проекций в полную модель.[4]

Облако точек представляет собой набор точек в пространстве, данные о которых собираются, сохраняются и обрабатываются вместе, как единое целое. Данные облака точек могут быть получены с помощью сканирования, в том числе и дистанционного, или, наоборот, облака точек могут быть созданы синтетическим путем из компьютерной программы. Процесс создания 3D-моделей из данных облака точек и их использования для целей моделирования энергопотребления состоит из трех последовательных этапов: сбор данных, моделирование и анализ. В системах LiDAR каждая точка представляет собой одно измерение лазерного сканирования. Затем эти сканы сшиваются вместе, создавая полный охват объекта. Ручное выполнение этих задач может занять много времени, дорого и часто подвержено ошибкам. Сбор данных может занимать несколько дней, однако этап обработки может занимать несколько недель или даже месяцев [6]. В работе [7] предложен метод реконструкции и

сохранения объектов при обработке 3D-облака точек путем аппроксимация их кусочными полиномами с возможностью в последствии выполнить удаление точки или ее вставку, не затрагивая аппроксимированные профили и сохраняя обогащенную структуру облака. Особенности описанного метода являются:

- реконструкция признаков кривизны, извлеченных из облака точек, аппроксимация их кусочными полиномами, что позволяет уточнить или упростить кривые признаков;
- возможность отслеживать кривые элементов с неравномерной кривизной и кручением;
- эффективная повторная выборка облака точек, которая напрямую учитывает кривые объектов и одновременно выполняет как понижающую, так и повышающую дискретизацию, чтобы обеспечить однородную плотность облака точек как внутри, так и снаружи кривых объектов

Профиль кривой, состоящий из кластера относящихся к нему точек, выбирается путем анализа его геометрических характеристик. При обработке профиля применяются следующие шаги: проекция и нормализация (для сужения диапазона); сглаживание характерных точек (чтобы определить, какие точки профиля являются регулярными, а какие являются пересечениями нескольких отрезков); обнаружение точек ветвления; сегментация по регулярным точкам. В случае, если профиль пространственный, вращающееся облако точек проецируется на плоскость, получая таким образом новое плоское облако точек. Далее все этапы повторяются. После обработки применяется стратегия аппроксимации, основанная на использовании преобразования Хафа [8]. На втором этапе применяется повторная выборка облака с сохранением кривых, разработанные алгоритмы выборки позволяют выполнить удаление и вставку точки. Примечательным аспектом подхода является то, что возвращаемый результат состоит не только из повторно дискретизированного облака, в котором некоторые точки помечены как объекты, но и из их уравнений, выраженных в простой параметрической, кусочно-полиномиальной форме, которая может представлять даже пространственные кривые. Такая дополнительная информация может быть полезна в различных контекстах, например, в процессе создания сетки. Ключевой аспект эффективности предлагаемой стратегии основан на возможности одновременно работать с характерными и нефункциональными точками, не отдавая приоритет удалению/вставке только одного из этих классов точек и откладывая процесс другого. Эта стратегия лучше учитывает взаимозависимости этих двух классов точек, создавая облака с более однородной плотностью.

Авторы испытали метод на объектах с различной кривизной, а также декоративных элементах, характеризующихся профилями различных цветов. Как и следовало ожидать, выбор одновременного рассмотрения большего количества факторов на этапе повторной выборки приводит к результатам более высокого качества, но также приводит к замедлению времени вычислений. Однако, преимущества предложенного метода состоит в возможности применения уменьшения выборки огромного облака точек, для чего авторы предлагают предварительно обработать набор данных, радикально уменьшив количество точек с помощью другой, более быстрой стратегии упрощения, затем спроецировать точки обратно на ранее извлеченные кривые объектов и, наконец, выполнить последний шаг подхода для улучшения однородности плотности полученного облака точек. Это приведет к получению высококачественной продукции за ограниченный промежуток времени, что в свою очередь позволит упростить процесс автоматизации обработки данных и значительно ускорить создание BIM моделей.

1. М. А. Джаярам Применение компьютерного зрения в мониторинге состояния строительных материалов и конструкций: обзор / Materials Today: Proceedings, 2023 Режим доступа <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785323034090>
2. Баклушина, И. В. Особенности использования технологии информационного моделирования (BIM-технологии) на примере программного обеспечения Revit / И. В. Баклушина, А. В. Усова, А. В. Бойкова //

- Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-5. – С. 80-83. – DOI 10.18411/lj-06-2020-103. – EDN HBEFEV.
3. Устинов, И. К. BIM-технологии в строительстве / И. К. Устинов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 19–21 мая 2020 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 24. Часть V. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2020. – С. 135-137. – EDN KWEUOJ.
 4. Метод, снованный на графах, подход для построения 3D-модели здания. Реконструкция по облакам точек с бортового LiDAR.2017г. <https://doi.org/10.3390/rs9010092>
 5. Сюй Б, Цзян В, Ли Л. HRTT: Иерархическая топологическая структура крыши для надежной реконструкции крыши здания на основе облаков точек. Дистанционное зондирование . 2017 год; 9(4):354. Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/rs9040354>
 6. Баклушина И. В. Использование современных методик телевизионного контроля для построения облаков тепловых точек зданий / И. В. Баклушина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 5-1(80). – С. 40-42. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-5-1-40-42. – EDN DVAZMQ. <http://intjournal.ru/wp-content/uploads/2023/07/Baklushina.pdf>
 7. У. Фугаччи, К. Романенго, Б. Фальчидиено, С. Биазотти. Реконструкция и сохранение кривых характеристик при обработке 3D-облаков точек / компьютерное проектирование. – 2024. – Т. 167. – 103649. Режим доступа <https://doi.org/10.1016/j.cad.2023.103649>.
 8. Дуда Р.О. , Харт П.Е. Использование преобразования Хафа для обнаружения линий и кривых на изображениях / Коммуна АСМ , 15 (1) (1972) , стр . 11-15 .

Баклушина И.В., Андрейченко А.Е.

Реконструкция зданий с помощью дистанционного зондирования и компьютерного зрения

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет
(Россия, Новокузнецк)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-706

Аннотация

Рассмотрены методы анализа иерархической структуры контуров и реконструкции зданий с помощью дистанционного зондирования и компьютерного зрения. Описаны способы применения лазерного локатора LiDAR и вертолетного трехстрочного сканера высокого разрешения STARLABO. Описаны методы обработки данных зондирования для построения моделей зданий.

Ключевые слова: 3D-модели здания, LiDAR, , реконструкция, сканирование.

Abstract

Methods for analyzing the hierarchical structure of contours and reconstructing buildings using remote sensing and computer vision are considered. Methods for using the LiDAR laser locator and the STARLABO high-resolution helicopter three-line scanner are described. Methods for processing sounding data to construct building models are described..

Keywords: 3D building models, LiDAR, reconstruction, scanning.

Информация о типе зданий имеет решающее значение для многих городских исследований, включая оценку численности населения с высоким разрешением, городское планирование, управление, реконструкция либо создание 3D-модели здания. Несмотря на то, что значительные исследования проводились уже более двух десятилетий, успеху автоматического сканирования и моделирования зданий по-прежнему во многом препятствуют сложность застройки и пространств, неполное извлечение сигналов и зависимость данных от датчиков. Лазерный локатор LiDAR (англ. Light Detection and Ranging «обнаружение и определение дальности с помощью света»), используемый в качестве активного дальномера оптического диапазона, является очень полезным источником данных для получения подробной геометрической и топологической информации о строительных объектах. Данные, полученные с помощью LiDAR, могут служить в качестве основного источника информации

для различных методов классификации признаков для автоматического создания моделей зданий и трехмерного моделирования крыш.

В исследовании [1] авторы использовали метод анализа иерархической структуры контуров зданий, полученных по данным LiDAR, для реконструкции моделей городских зданий. Предлагаемый подход сначала использует основанный на теории графов метод локализованного дерева контуров для представления топологической структуры зданий, затем разделяет здания на разные части путем анализа их топологических взаимосвязей и, наконец, реконструирует модель здания путем интеграции всех отдельных моделей. Данный подход обеспечивает более полное топологическое и геометрическое описание контуров здания, чем существующие подходы. Авторы испытали предложенный метод, используя его в регионе Луцзяцзуй в Шанхае, Китай. Результаты показали, что сложные здания могут быть успешно реконструированы со средней ошибкой моделирования 0,32 м. Данный метод предлагает многообещающее решение для реконструкции 3D-модели здания по облакам точек [2] воздушного LiDAR.

В качестве одного из активных источников данных дистанционного зондирования LiDAR использует лазерные импульсы для измерения расстояния между датчиком и различными объектами. Он широко используется в геодезии, геостатистике, археологии, географии, управлении и навигации автономных транспортных средств и т.д. По сравнению с 2D-изображениями, которые предоставляют только информацию о местоположении и форме, LiDAR может удобно получать 3D-информацию об объектах на местности. Поэтому во многих исследованиях облако LiDAR точек применялось для реконструкции зданий. Результаты эксперимента показали, что он эффективно использовался для картирования городского растительного покрова. Экспериментальные результаты продемонстрировали преимущество подхода с точки зрения эффективности при работе с крупномасштабными и необработанными данными LiDAR точек. Однако дискретность облака точек может привести к потере некоторых объектов, и будет трудно различать объекты с одинаковой высотой, в то время как он способен выделять различные объекты с текстурными элементами на 2D-изображениях.

Систему LiDAR с успехом применили в [3] для сканирования топологии крыш зданий. Идентификация и представление топологии крыши здания являются важными вопросами реконструкции трехмерной модели здания по облакам точек. Геометрия крыши всегда описывается специальным графом топологии крыши (RTG), который выражает смежности между плоскостями как ребра графа. Поскольку решение о ребрах графа часто основано на локальной статистике между соседними плоскостями, ошибки топологии могут легко возникнуть из-за шума, отсутствия данных и возникающих ошибок на этапах предварительной обработки. Авторы предлагают использовать иерархическое дерево топологии крыши для представления взаимосвязей между различными ее элементами на основе информации, из полученной с помощью LiDAR. Используемая техника трехмерной реконструкции крыши строит матрицу смежности для определения топологических отношений между плоскостями крыши.

В исследовании [4] была предложена новая стратегия сканирования объемной структуры городских зданий непосредственно из исходного облака точек LiDAR, а экспериментальный результат доказал, что предложенный метод обеспечивает хорошую производительность и является надежным.

В начале, поскольку система LiDAR генерирует ряд точек шума при сборе данных, которые обычно проявляются в виде точек аномалии высоты и влияют на точность сканирования зданий, облако точек очищалось от шума, а аномалии высоты были отфильтрованы. Облако точек было преобразовано в карту высот. Процесс преобразования был основан на распределении высот облака точек. Сначала размер сетки был установлен равным 1 м, а затем облако точек было разбито на пиксели в соответствии с его координатами x и y , при этом каждая сетка соответствовала одному пикселю на карте высот. После этого был установлен порог высоты и рассчитана разница высот всех точек в соответствующей сетке

каждого пикселя. Если отклонение было ниже порогового значения, в качестве эталонного значения для соответствующего пикселя выбиралась средняя высота точек в поясе. После получения карты высот были проанализированы соответствующие объекты для дальнейшей реконструкции здания.

Мониторинг изменений в структуре сооружений необходим для большинства объектов строительства и городской среды. Многие алгоритмы обнаружения изменений используют анализ разности высот с использованием временных данных, таких как LiDAR. Тем не менее, значимые изменения зданий не всегда могут быть обнаружены в городских районах с плотной застройкой из-за влияния теней и визуальных коллизий, вызванных близлежащими. В [5] предлагается метод пересмотра 3D-данных о зданиях путем интеграции изменения текстуры (крыши и стены) и 3D-изменения формы зданий с использованием STARIMAGER/TLS. STARIMAGER — это вертолетная система трехстрочного сканера высокого разрешения (TLS), разработанная корпорацией STARLABO, Токио, Япония, совместно с Токийским университетом и Институтом геодезии и фотограмметрии (IGP), ETH Zurich для крупномасштабных приложений, специально для записи наземных объектов в форме линий (таких как дороги, реки, железные дороги). На первом этапе процесса обработки данных изображение корректируется путем проецирования его на плоскость. Затем из изображения извлекаются контуры, а на изображении контуров дополнительно идентифицируются прямые линии. Затем каждая область выделяется и группируется, после чего каждая область маркируется в соответствии с уникальной меткой области. В результате создаются 3D сегменты с атрибутивной информацией для расчета 3D координат частей здания. Главным недостатком этого метода является необходимость ручной обработки данных.

Таким образом, моделирование 3D-здания по данным аэрофотосъемки по-прежнему является сложной проблемой в области дистанционного зондирования и компьютерного зрения, и она была активной темой исследований в течение последних десятилетий.. Обработка пространственно-временных данных требует принципиально иных подходов, ориентированных на совмещение различных алгоритмов и методов обработки статичных трехмерных данных. Для различных методов и алгоритмов обработки используются различные представления трехмерных данных, что затрудняет сравнительный анализ решения одной и той же задачи с помощью разных подходов. [6]

1. Ву, Б.; Ю, Б.; Ву, К.; Яо, С.; Чжао, Ф.; Мао, В.; Ву, Дж. Графовый подход к реконструкции трехмерной модели здания по облакам точек воздушного лазерного дальномера. Дистанционное зондирование. 2017 , 9 , 92. <https://doi.org/10.3390/rs9010092>.
2. Баклушина, И. В. Использование современных методик телевизионного контроля для построения облаков тепловых точек зданий / И. В. Баклушина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 5-1(80). – С. 40-42. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-5-1-40-42. – EDN DVAZMQ.
3. Сюй, Б.; Цзян, В.; Ли, Л. HRTT: Иерархическая структура топологии крыши для надежной реконструкции крыши здания на основе облаков точек. Remote Sens. 2017 , 9 , 354. <https://doi.org/10.3390/rs9040354>.
4. Лай, Х.; Янг, Дж.; Ли, Ю.; Ванг, М. Подход к извлечению зданий, основанный на объединении облака точек LiDAR и текстурных особенностей карты высот. . – 2019 год. – №11, 1636 Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/rs11141636>
5. Накагава, М., 2001. Исследование по созданию 3D-модели города с использованием изображения TLS и данных лазерного диапазона. Материалы Азиатской конференции по дистанционному зондированию, 5-9 ноября 2001 г., Сингапур
6. Колесников, А. А. Анализ методов и средств искусственного интеллекта для анализа интерпретации данных активного дистанционного зондирования / А. А. Колесников //Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). –2022. – Т. 27, № 3. – С. 74-94. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-3-74-94. – EDN ХННCGX. Режим доступа:<http://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2022/06/74-94.pdf>

Балтрашевич В.Э.

Поиск аномалии во временных рядах с помощью марковских цепей

*Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-707

Аннотация

Временной ряд – это процесс. Аномалия – это смена характера процесса. Строится модель временного ряда на базе многократных и многомерных Марковских цепей. Упрощенные матрицы переходных вероятностей дают много информации об исследуемом процессе. Большое внимание уделяется использованию эвристических правил. Результаты сравнения, исследуемого и модельного процессов тоже образуют многократный процесс, анализ которого позволяет определить некоторые виды аномалии. Знания об модельном процессе задаются либо в виде графа, либо в виде процедуры, либо в виде таблицы состояний и матрицы переходных вероятностей.

Ключевые слова: системный анализ, цепи Маркова, временные ряды, аномалии.

Abstract

A time series is a process. An anomaly is a change in the nature of the process. A time series model is constructed based on multiple and multidimensional Markov chains. Simplified transition probability matrices provide a lot of information about the process under study. Much attention is paid to the use of heuristic rules. The results of comparing the studied and model processes also form a multiple process, the analysis of which makes it possible to determine certain types of anomalies. Knowledge about the model process is specified either in the form of a graph, or in the form of a procedure, or in the form of a table of states and a matrix of transition probabilities.

Keywords: system analysis, Markov chains, time series, anomalies.

Определение временного ряда. Временной ряд $y_1, \dots, y_t \in \mathbb{R}$ – это значения признака, измеренные через постоянные временные интервалы. Свойствами временного ряда являются: привязка каждого измерения ко времени его возникновения; возможность из данных предыдущего периода восстановить поведение процесса в текущем и последующих периодах.

Временные ряды могут содержать аномалии. Аномалия — это отклонение в стандартном поведении какого-то процесса. Задача – выявлять аномалии во временном ряде.

Чтобы получить знания о процессе его надо подробно исследовать. В качестве инструмента исследования выбираем системный анализ, который включает в себя использование строгих математических методов и эвристик. Он также рекомендует использовать несколько моделей для наиболее эффективного анализа исследуемого процесса.

Формирование модельного процесса. Для удобства анализа предлагается выделить исследуемый процесс (ИП), модельный процесс (МП) и генератор модельного процесса (ГМП).

Есть ИП, его надо заменить МП – как? Строим шкалу с единичным шагом по всему диапазону изменения ИП. Знаем, что ИП может меняться со скоростью больше чем на шаг за единицу времени. Учитывая, что временной ряд формируется в результате деятельности какого-то устройства, то предполагаем, что его значения довольно сильно коррелированы и шаг квантования может изменяться (эвристическая гипотеза) по двоичному закону (а не по какому-то более крупному).

Разработаны структуры следящих ГМП с переменным шагом квантования [3]. Можно показать, что алгоритмы их функционирования должны учитывать не один предыдущий образцовый уровень, а два или три, то есть

$$q[i] = \varphi(w, x[i-1], q[i-1], q[i-2], q[i-3]). \quad (1)$$

Если ввести вектор состояния ГМП и обозначение $q1[i] = q[i-1], q2[i] = q[i-2], r[i] = (q[i], q1[i], q2[i]),$

То выражение (1) можно записать в виде

$$r[i] = \varphi(w, x[i-1], r[i-1]). \quad (2)$$

Это выражение описывает или трехмерную, или трехкратную цепь Маркова в зависимости от того, в один момент времени или нет, формируются компоненты вектора $r[i]$. В процессе преобразования ГМП принимает состояния $r \in R$, при этом $Q \subset R$. Можно считать, что множество Q характеризует шкалу ГМП в статике, а множество R – в динамике. На основании выражения (2) можно построить много различных структур ГМП. Чтобы разумно ограничить это множество, необходимо наряду с обычными критериями ввести дополнительный критерий. Предлагается в качестве такого критерия использовать минимум состояний шкалы R ($\min R$) при одной и той же величине погрешности. Проведенный анализ разработанных структур показал, что в зависимости от алгоритма преобразования w , число состояний шкалы R может меняться в два и более раз при неизменном Q [3].

Таким образом, получаем возможность анализа следящих ГМП с переменным шагом квантования с помощью аппарата цепей Маркова. В результате этого анализа можно получить все необходимые характеристики ИП.

В данной работе будем следить за ИП с помощью образцового отрезка с тремя уровнями, т.е. с помощью трехмерной цепи Маркова. Третий (средний) образцовый уровень является серединой отрезка.

Способы представления модели ГМП. Учитывая достижения когнитивной графики, генератор процесса лучше представить в виде визуального графа. Это самое наглядное представление. Граф – это полная характеристика ИП, пока мы за ним успеваем следить. Ниже представлен фрагмент графа ГМП, базирующегося на трехмерной цепи Маркова.

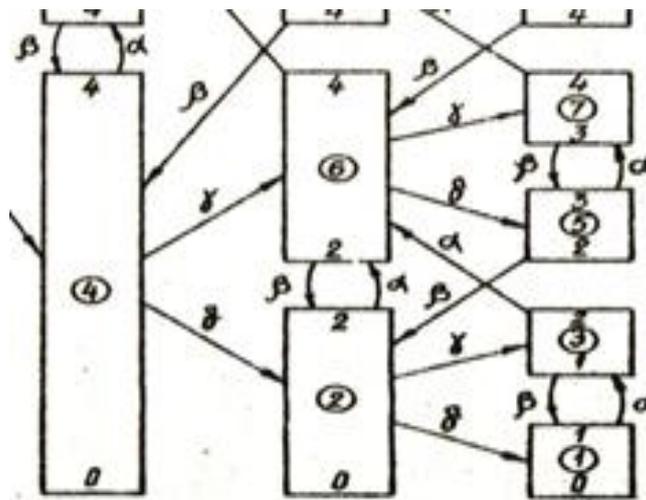


Рисунок 1. Фрагмент графа трехмерного ГМП.

Соответствующая цепь Маркова может быть представлена с помощью таблицы состояний и матрицы переходов [3].

Таблица 1

Таблицы трехмерного ГИП

таблица номер-состояние	переходная матрица
1 $m_{31} = 0$ $m_{33} = 1$	11 3 1 1 1
2 $m_{31} = 0$ $m_{33} = 2$	21 6 2 3 1
3 $m_{31} = 1$ $m_{33} = 2$	31 6 1 3 3
4 $m_{31} = 0$ $m_{33} = 4$	41 4 4 6 2
5 $m_{31} = 2$ $m_{33} = 3$	51 7 2 5 5
6 $m_{31} = 2$ $m_{33} = 4$	61 6 2 7 5
7 $m_{31} = 3$ $m_{33} = 4$	71 7 5 7 7

Приводим таблицу состояний и их номеров, а также матрицу переходов для рассматриваемого трехмерного ГМП. Так как из каждого состояния возможно только конечное число переходов, определяемое числом ответов сравнивающего устройства (от 2 до 4), то матрица представлена в сжатом виде.

Сравнивающее устройство (СУ) выдает следующие сигналы – *alfa*, *beta*, *gam*, *del*. В этом же порядке идут столбцы в переходной матрице.

Нумерация состояний может осуществляться произвольно. Но анализ графа приводит к следующему эвристическому алгоритму, который выражается следующей аналитической формулой: $number = m31 + m33$, где $m31$ и $m33$ – нижняя и верхняя граница отрезка, соответственно. Использование этого правила значительно облегчает обработку и анализ процесса.

Видно, что при создании графа использовалось много различных эвристик. Есть свобода творчества для создания новых цепей Маркова и надо проанализировать их достоинства и недостатки.

Для этого необходимо создать графический редактор графов, позволяющий рисовать различные графы, а программная поддержка этого редактора должна позволить по графу получить матрицу переходов и таблицу состояний.

Для проведения имитационного моделирования процесса слежения за ИП с помощью МП необходимо реализовать процедуру преобразования, обеспечивающую переходы из состояния в состояние МП под воздействием ИП, в соответствии с выше приведенным графом.

Таким образом, мы рассмотрели три способа представления ГМП:

- граф - для отображения существующих ГМП и для творческого создания новых вариантов ГМП,
- процедура – для моделирования работы ГМП совместно с ИП,
- матрица переходных вероятностей - для подробного анализа процесса слежения.

Изменение характера исследуемого процесса. Аномалия – это изменение характера процесса. Существует много видов аномалии. Когда модельный процесс близок к исследуемому, то ответы СУ чередуются. Если характер ИП изменился, т.е. произошел скачок значения, то ответы СУ (*alfa* или *beta*) будут повторяться. Очередное эвристическое правило говорит о том, что двукратное или трехкратное повторение ответов СУ является признаком появления аномалии.

Для более полного анализ процесса надо проанализировать приближенную матрицу переходных вероятностей. Так можно выявить динамические шкалы (с более крупным шагом квантования, чем в статической (базовой) шкале). Повторение ответов СУ выхода за пределы отрезка более крупной величины.

Как заполнять матрицу переходных вероятностей? У нас есть состояние до преобразования и после преобразования. Можно определить номера этих состояний и тем самым задать координаты матрицы переходных вероятностей. К этому элементу прибавляем 1. Считаем общее число испытаний. После окончания испытаний, делим все элементы матрицы на общее число испытаний, т.е. нормализуем матрицу.

Надо создать инструментарий для работы с матрицей. Возможно потребуется определить число попаданий в отрезки разной величины, переходы между состояниями с укрупненным отрезком и т.п.

Так как информация о процессе не полна, то наиболее действенными критериями для поиска аномалий являются эвристические критерии. Так наиболее действенным критерием определения аномалии является двукратное или трехкратное повторение ответов СУ выхода за пределы отрезка типа *alfa* или *beta*.

Простейшая аномалия – скачок. Рассмотрим простейший вид аномалии – скачок. Чтобы его выявить можно воспользоваться эвристическим правилом – повтор ответов СУ.

Интересно отметить, что ответы СУ тоже образуют процесс, который может быть представлен цепью Маркова (дискретное время и дискретные состояния). Очевидно, что это не простая цепь, а кратная. Ясно, что по крайней мере это двухкратная цепь. Появление состояний (alfa, alfa) или (beta, beta) по предлагаемому эвристическому критерию является признаком наличия аномалии. Может глубина этого процесса быть больше двух и рассмотрение тройных и более состояний может дать более полный анализ процесса слежения и тем самым – более полный анализ ИП.

Результаты имитационного моделирования выявили две проблемы:

1. Пока модельный сигнал «догоняет» исследуемый процесс, СУ будет повторять свой ответ и анализ кратности ответов схемы сравнения будет выдавать признак возникновения аномалии. С этим надо как то бороться. Например, после возникновения и выдачи сигнала признака аномалии прекратить выдавать признак возникновения аномалии до смены значения ответа СУ.
2. Надо определиться с моментом времени выдачи сигнала признака аномалии. Если возникает признак аномалии, то моментом его наступления надо считать момент времени, при котором схема сравнения в последний раз выдала значение, отличное от alfa или beta.

Особенности реализации. Анализ показал, что если при каждом превышении входным сигналом верхнего отрезка увеличивать шаг квантования в два раза, то образцовый отрезок будет пытаться выйти за границу диапазона. Поэтому увеличение образцового отрезка вдвое происходит при определенном значении признака отрезка (критерий $\min R$). Признак говорит о том, является ли отрезок верхней, нижней половиной большего по величине отрезка, или является промежуточным состоянием. (см. рис. 1) Учет этого признака является учетом предыдущего состояния и фактически увеличивает кратность используемой цепи Маркова. То есть мы получаем фактически смешанную цепь Маркова с кратностью равной единице и мерностью равной трем.

На выходе СУ мы получаем процесс ответов СУ. Необходимо поймать повторение ответов СУ, приводит к необходимости использовать окно слежения за процессом (sled). Если будем исследовать кратность равную 2, то окно должно быть длиной 3, чтобы выявить и смену ответов СУ, и повторяемость ответов СУ.

Рассмотрим кратность следа равную 2.

На очередном шаге надо провести сдвиг sled, т.е. удалить нулевой элемент массива и в конец массива добавить новый ответ СУ.

Пусть у нас возникла следующая ситуация.

sled=[del, alfa, alfa]

Видно, что текущий и предыдущий ответы СУ равны alfa, а перед этим ответ был другим (любым, но не alfa). По нашему эвристическому правилу – это признак начала аномалии. Мы фиксируем момент времени, соответствующий ответу 'del' как момент начала аномалии и устанавливаем флаг «Признак аномалии». Т.е. при проверке повторяемости ответов СУ, не надо учитывать нулевой элемент массива.

На следующем такте может возникнуть ситуация sled=[alfa, alfa, alfa]. В этом случае очевидно, что этот момент не является признаком начала аномалии. Для реализации этой ситуации вводится флаг «Признак аномалии».

Если возникнет ситуация sled = [alfa, alfa, gam], т.е. произойдет смена ответа СУ, то это признак окончания аномалии и это можно учесть с помощью сброса флага «Признак аномалии». Т.е. при реализации надо учитывать, что последний элемент массива должен отличаться от предыдущего.

Это одно из эвристических решений. Возможен другой вариант эвристического решения: если пришел ответ α , а предыдущий ответ был не α , то сбрасываем флаг. Аналогичная ситуация при ответе 'beta'.

Такие рассуждения надо привести для ответа СУ 'beta'.

Таким образом, были рассмотрены различные процессы, составляющие системный анализ исходного процесса: исследуемый процесс, модельный процесс, процесс ответов СУ. Что позволило определить моменты возникновения аномалии.

1. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. М.: Наука, 1970.
2. Балтрашевич В.Э. Использование цепей Маркова для вероятностного анализа аналого-цифровых преобразователей. "Изв. ВУЗов. Электромеханика», 1977, №11. с.1195-1200.
3. Балтрашевич В.Э. Представление знаний о процессах с помощью марковских цепей – Beau Bassin: LAP Lambert Academic Publishing, 2020. – 132 с. ISBN 978-620-0-56513-6.

Гарина С.В., Гарин М.А.

Компьютерное моделирование и оптимизация технических решений

*Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-708

Аннотация

В статье рассматривается оптимизация параметров железобетонных строительных конструкций. Приводятся некоторые экономико-математические методы и методы компьютерного моделирования. Особое внимание уделено коэффициенту эффективности при определении оптимальных решений и его сочетание с другими алгоритмами оптимизации. На примере стоимости железобетонной многопустотной панели перекрытий дана оценка оптимальности параметров плиты с помощью пакетов прикладных программ.

Ключевые слова: оптимизация, оценка, метод, компьютерное моделирование, параметр, конструкция, коэффициент эффективности, решение, целевая функция.

Abstract

The article discusses the optimization of parameters of reinforced concrete building structures. Some economic and mathematical methods and methods of computer modeling are given. Particular attention is paid to the efficiency coefficient in determining optimal solutions and its combination with other optimization algorithms. Using the example of the cost of a reinforced concrete multi-hollow floor panel, an assessment of the optimality of the slab parameters using application software packages is given.

Keywords: optimization, evaluation, method, computer modeling, parameter, design, efficiency coefficient, solution, objective function.

Нахождение оценок оптимальности технических решений при проектировании и в других областях наук рассматриваются давно, и особо острое имеют значение в настоящее время. Резкие изменения экономических, социальных и других факторов приводит к пересмотру существующих оптимальных решений. Оптимальным будем называть решение, приемлемое для всех заинтересованных лиц и отвечающих всем требованиям.

Существуют различные экономико – математические методы определения оптимальных решений: градиентные, поисковые, комбинированные [1, 2, 3]. Градиентные методы применяются, когда на первом этапе ищется переменная, дающая наибольший эффект от ее оптимизации. Фиксируется ее оптимальное значение в целевой функции, и далее процесс начинается заново. Последовательно оптимизируются все переменные, пока существует положительный эффект. Поисковые методы используются, когда заданы постоянные

параметры, ограничения и оптимизируются значения переменных параметров. На первом этапе целевая функция последовательно, хотя это и необязательно, исследуется по каждой переменной. Начальные их значения берутся в пределах их ограничений. Сравнивая эффекты от переменных, определяют доминирующую переменную x_i^{opt} , дающую максимальный эффект от ее оптимизации. В целевой функции x_i^{opt} переводится в условно-постоянный параметр:

$$F = f_j(x_1, \dots, x_i^{opt}, \dots, x_n). \quad (1)$$

На втором этапе исследуется целевая функция по всем переменным, за исключением x_i^{opt} . Определяется переменная x_j^{opt} , дающая максимальный эффект от ее оптимизации. В целевой функции появляется еще одна условно-постоянная x_j^{opt} :

$$F = f_j(x_1, \dots, x_i^{opt}, \dots, x_j^{opt}, \dots, x_n). \quad (2)$$

С учетом количества этапов целевая функция запишется

$$F^{opt} = f_j(x_1^{opt}, \dots, x_i^{opt}, \dots, x_j^{opt}, \dots, x_n^{opt}). \quad (3)$$

Если эффекты от некоторых переменных малозначимы, то начальные их значения можно считать оптимальными.

После n этапов процесс оптимизации начинается повторно с первого этапа, а целевая функция имеет вид F^{opt} . Количество итераций зависит от значимости предыдущей итерации. Если эффект от него менее 1% от значения целевой функции, то оптимизация может быть закончена.

Градиентные методы и их модификация эффективны для наиболее распространенных выпуклых целевых функций, имеющих одну точку экстремума по каждой переменной и один глобальный экстремум.

В общем случае используют универсальный метод случайного поиска. Перебираются различные случайные сочетания значений переменных, определяются соответствующие изменения величины целевой функции и ее экстремальное значение.

Рассмотрим метод экономической оценки параметров железобетонных конструкций [1, 2].

Степень отклонения x от x^{opt} оценивается коэффициентом эффективности [2]

$$\mathcal{E}_i = \frac{W^+}{W^-} = \left| \frac{m^+ F^+(x_i)}{m^- F^-(x_i)} \right|, \quad (4)$$

где $F^+(x_i), F^-(x_i)$ – возрастающая и убывающая части целевой функции с ростом переменной x_k , m^+, m^- – коэффициенты, учитывающие степень влияния $F^+(x_i), F^-(x_i)$ на целевую функцию [1, 2].

В оптимальном решении $\mathcal{E}_i \approx 1$ [1, 2].

Оптимальное значение переменной $x_i^{opt} = \frac{x_i}{\sqrt{\mathcal{E}_i}}$.

Рассмотрим предварительно напряженные железобетонные многослойные панели перекрытий. Целевая функция стоимости панели с учетом всех характеристик, действующих нагрузок, прочности, методов расчета и параметров конструкции имеет вид:

$$C_{пл} = C_b(b(h - 0.02)L - 0.14L) + C_s \frac{141.25(L - b/2)^2 b}{52000000((h - 0.02) - 0.01)}, \quad (5)$$

где $C_{пл}$ – стоимость плиты (руб); C_b – стоимость бетона (руб); C_s – стоимость арматуры; L – длина плиты (м); b – ширина плиты (м); h – высота плиты (м).

Стоимостные характеристики:

$C_b = 5252$ руб/м³ – стоимость бетона;

$C_s = 360000$ руб/м³ – стоимость арматуры.

Целевая функция учитывает постоянные параметры:

$R_s = 52000000$ кг/м² – расчетное сопротивление арматуры;

$g = 1130$ кг/м² – нагрузка, с учетом собственного веса панели.

Начальные значения переменных: $h = 0.22$ (м); $b = 1.49$ (м); $L = 6.28$ (м).

Ограничения задачи: $0.22 \leq h \leq 0.24$; $b \geq 1.4$; $L \geq 6.2$.

Для оценки оптимальности параметров конструкции (длина плиты, ширина плиты, высота плиты) применим метод экономической оценки [1, 2] с ограничениями.

Рассмотрим целевую функцию стоимости железобетонной многопустотной панели (5) в виде

$$F(x_1, x_2, x_3) = 5252 (x_2(x_1 - 0.02)x_3 - 0.14x_3) + \frac{0.98(x_3 - x_2/2)^2 x_2}{(x_1 - 0.02) - 0.01}, \quad (6)$$

где x_1 – высота плиты; x_2 – ширина плиты; x_3 – длина плиты.

Коэффициент эффективности для переменной x_1 : $\Xi_1 = 62.09$ и $x_1^{\text{опт}} = \frac{x_1}{\sqrt{\Xi_1}} = 0.028$. Так как имеем конструктивные ограничения на переменную $0.22 \leq x_1 \leq 0.24$, то x_1 принимаем равной нижней границы 0.22.

Для переменных x_2 и x_3 целевая функция возрастает с ростом их значений, поэтому их значения принимаем равными $x_2 = 1.4$ и $x_3 = 6.2$.

Значение целевой функции в точке $x^{\text{опт}} = (0.22; 1.4; 6.2)$ равно $F(x^{\text{опт}}) = 5432$.

Приведем решение задачи оценки оптимальности параметров конструкции в системе компьютерной математики MathCad с ограничениями.

```

x1 := 0.22      x2 := 1.49      x3 := 6.28

f(x1, x2, x3) := | f1 ← 5252 · [x2 · (x1 - 0.02) - 0.14] · x3
                  | f2 ← (0.98 · x2 · (2 · x3 - x2)2) / (x1 - 0.03)
                  | f1 + f2

f(x1, x2, x3) = 6.153 × 103

Given

0.22 ≤ x1 ≤ 0.24      x2 ≥ 1.4      x3 ≥ 6.2

Q := Minimize(f, x1, x2, x3)

Q = ( 0.22
      1.4
      6.2 )

f(Q0, Q1, Q2) = 5.432 × 103

```

Рисунок 1. Оптимизация параметров железобетонной многопустотной панели перекрытия с ограничениями

Выводы:

Метод экономической оценки и решение задачи оптимизации параметров железобетонной многопустотной панели перекрытия в системе компьютерной математики MathCad показали совпадение результатов.

С помощью коэффициента эффективности дана оценка оптимальности параметров строительной конструкции и выявлены переменные, которые наиболее влияют на целевую функцию. Это позволяет быстро и эффективно применять его в сочетании с другими алгоритмами оптимизации.

Данные алгоритмы оптимизации могут быть эффективными, когда целевая функция содержит большое количество переменных, отдавая приоритеты тем переменным, которые наиболее влияют на целевую функцию, и не учитывая малозначимые.

Данные алгоритмы оптимизации могут быть эффективными и во многокритериальных задачах оценки оптимальности технических решений.

1. Люпаев Б.М., Гарина С.В. Особенности оптимизации расчета железобетонных элементов на поперечную силу // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства» – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С. 285-287.
2. Щенников В.Н., Люпаев Б.М., Гарина С.В. К решению проблемы оптимизации параметров строительных конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. – НГАСУ: 2006. №10(574). – С. 101–106.
3. Щенников В.Н., Люпаев Б.М., Гарина С.В. Использование математической модели для оценки оптимальности параметров строительных конструкций // Вестник Мордовского университета. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – №3–4. – С.135–140.
4. Гарина С.В. Гарин М.А., Карягина Т.В. К решению проблемы оценки оптимальности технических решений // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. – Москва, 2020. – С. 26-29.
5. Гарина С.В., Гарин М.А. Качественные оценки оптимальности многокритериальных задач // Тенденции развития науки и образования. – Самара: Научный центр «LJournal», 2023. – № 96. – С. 34-37. DOI: 10.18411/trnio-04-2023-p9.

Горбов В.Ю., Борисова О.В.

Система вентиляции с использованием искусственного интеллекта

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-709

Аннотация

В статье рассмотрена система вентиляции с использованием искусственного интеллекта и её основные алгоритмы. Рассмотрены преимущества использования искусственного интеллекта в данной системе. Актуальность работы заключается в широкой заинтересованности общественности в новой технологии и оптимизации работы системы жизнедеятельности.

Ключевые слова: вентиляция, жизнедеятельность, температура, углекислый газ, система, датчик, качество воздуха.

Abstract

The article discusses a ventilation system using artificial intelligence and its main algorithm. The advantages of using artificial intelligence in this system are considered. The relevance of the work lies in the wide public interest in new technology and optimization of the functioning of the life system.

Keywords: ventilation, vital activity, temperature, carbon dioxide, system, sensor, air quality.

Интеграция искусственного интеллекта в системы вентиляции знаменует собой значительный шаг вперед в оптимизации качества воздуха в помещениях и энергоэффективности. Используя возможности искусственного интеллекта, системы вентиляции могут динамически адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды, предлагая индивидуальный и гибкий подход к циркуляции воздуха [1].

Одно из основных преимуществ заключается в способности системы автономно анализировать в реальном времени данные от различных датчиков, включая температуру, влажность и уровень CO₂ [2]. Это позволяет системе вентиляции принимать разумные решения, регулируя поток воздуха и скорость вентиляции в зависимости от конкретных потребностей окружающей среды.

Более того, системы вентиляции, управляемые искусственным интеллектом, могут со временем учиться и адаптироваться. Они могут распознавать закономерности использования, прогнозировать периоды пиковой нагрузки и соответствующим образом оптимизировать энергопотребление. Такое адаптивное обучение не только повышает энергоэффективность, но и способствует более устойчивой и экономически эффективной работе [3].

Внедрение искусственного интеллекта в системы вентиляции также открывает возможности для профилактического обслуживания. Благодаря постоянному мониторингу производительности системы и выявлению потенциальных проблем до их обострения можно заранее планировать техническое обслуживание, сводя к минимуму время простоя и снижая вероятность непредвиденных сбоев.

Кроме того, искусственный интеллект позволяет системе вентиляции динамически реагировать на внешние факторы, такие как погодные условия, характер занятости и даже прогнозы качества воздуха. Такой уровень реагирования гарантирует, что система работает с максимальной эффективностью, обеспечивая оптимальное качество воздуха при минимальном потреблении энергии.

Рассмотрим алгоритмы работы системы вентиляции, в которых необходимо использование искусственного интеллекта на примере системы, представленной на рисунке 1.

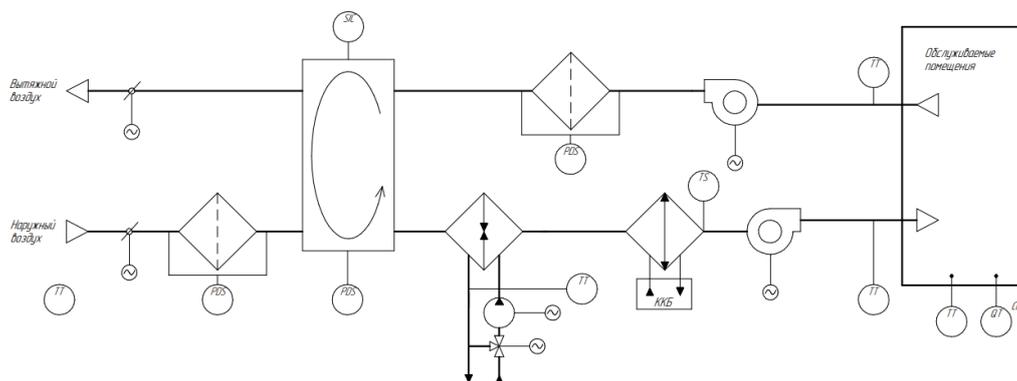


Рисунок 1. Типовая вентиляционная установка с роторным рекуператором.

После получения сведений о температуре воздуха на улице, в вентиляционной шахте и в помещении от контроллера сервер с предустановленным искусственным интеллектом рассчитывает параметры, такие как вращение роторного рекуператора, скорость вращения вентиляторов и степени закрытия клапанов на подаче теплоносителя и воздуха [4].

Для реализации автоматического управления включения и выключения вентиляционных установок потребуется наличие камеры с датчиками движения в помещении. Работа камеры представлена на рисунке 2.

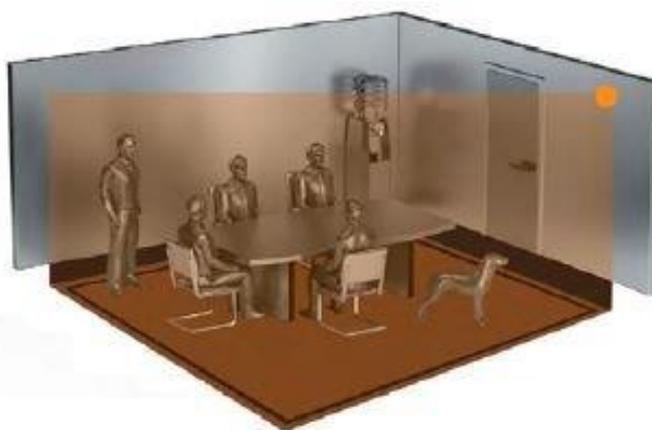


Рисунок 2. Работа камеры с датчиком движения.

Система учитывает количество людей в помещении и подает сигналы на увеличение или уменьшение производительности вентиляторов и проходного сечения клапанов вентиляционной установки. В случае отсутствия людей в данном помещении система переводит установки в режим экономии и через определенное время полностью выключает установки.

В отличие от неинтеллектуальной системы установка способна реагировать на резкие изменения температуры, что особо востребовано в наших регионах. В случае, если температура наружного воздуха резко изменилась в отрицательную сторону система сможет увеличить подачу теплоносителя и защитить установку от обмерзания. В случае, если температура резко изменилась в положительную сторону установка сможет увеличить производительность охлаждающего устройства [5].

Наличие датчика углекислого воздуха обусловлено защитой от застоявшегося воздуха, так как наличие данного условия в рабочих помещениях может привести к уменьшению производительности рабочих и ухудшению здоровья. В случае определения высокой концентрации углекислого воздуха установка должна будет проветрить помещение даже при отсутствии людей. Данная функция никак не проявит себя во время пожара, так как вентиляционные установки обесточиваются во время пожара.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что благодаря искусственному интеллекту система получает следующие преимущества:

1. Адаптивное управление: искусственный интеллект позволяет системам вентиляции динамически регулировать такие параметры, как воздушный поток, температура и влажность, на основе данных в реальном времени, обеспечивая оптимальные условия для комфорта и эффективности.
2. Энергоэффективность. Благодаря прогнозируемому анализу и машинному обучению искусственный интеллект оптимизирует энергопотребление, прогнозируя модели использования и соответствующим образом регулируя скорость вентиляции, что приводит к существенной экономии энергии.
3. Персонализированный комфорт: системы, управляемые искусственным интеллектом, могут адаптировать настройки вентиляции к индивидуальным предпочтениям, принимая во внимание такие факторы, как количество людей, предпочтительная температура и требования к качеству воздуха.
4. Интеллектуальное обслуживание: искусственный интеллект облегчает прогнозируемое обслуживание путем анализа данных о производительности системы. Такой упреждающий подход помогает выявлять потенциальные проблемы до того, как они обострятся, сокращая время простоя и продлевая срок службы оборудования.
5. Экологическая чувствительность: искусственный интеллект позволяет системам вентиляции динамически реагировать на внешние факторы, такие как погодные условия и прогнозы качества воздуха, обеспечивая эффективную работу при минимизации воздействия на окружающую среду.
6. Анализ данных: искусственный интеллект обрабатывает огромные объемы данных от датчиков и источников окружающей среды, предоставляя ценную информацию о моделях использования, тенденциях и возможностях для дальнейшей оптимизации.
7. Управление присутствием: благодаря интеграции с датчиками присутствия системы вентиляции с искусственным интеллектом могут регулировать интенсивность вентиляции в зависимости от количества присутствующих людей, оптимизируя качество воздуха и одновременно экономя энергию, когда помещения пустуют.
8. Улучшение качества воздуха. Постоянно отслеживая и регулируя скорость вентиляции в зависимости от параметров качества воздуха, искусственный интеллект помогает поддерживать оптимальное качество воздуха в помещении, способствуя здоровью и благополучию жителей.
9. Удаленный мониторинг и контроль: искусственный интеллект облегчает удаленный мониторинг и управление системами вентиляции, позволяя менеджерам объектов получать доступ к данным в реальном времени и удаленно вносить коррективы, повышая эффективность работы.

10. Повышенная безопасность: системы вентиляции на базе искусственного интеллекта могут интегрироваться с протоколами безопасности, реагируя на чрезвычайные ситуации, такие как пожары или опасные условия, путем автоматической регулировки вентиляции для обеспечения безопасности находящихся в помещении людей.

1. Ситников Н.Р. Оптимизация систем вентиляции различными способами. // Научный электронный журнал «Оригинальные исследования», Том 10, Выпуск 5. URL: ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-5-2020/a229941.
2. Галкина Н.И., КПД систем вентиляции // Инженерный вестник Дона. 2017, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/N2y2017/4106.
3. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. 8 изд. М.: Академия, 2015. 336 с.
4. Проектирование систем отопления и вентиляции зданий / Балашов А.А., Полунина Н.Ю., Ивановский В.А., Кацуба Д.С. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 132 с.
5. Мельников В.Д., Нестеренко Г.Б., Лебедев Д.Е., Мокроусова Ю.В., Удовиченко А. В., Проблемы, перспективы применения и методика расчета нормированной стоимости накопления электрической энергии. // Вестник КГЭУ. 2019. Т.11 №4(44). С. 30-36.

Гулевич А.И.

Альтернативные источники энергии и будущее нефтегазового сектора: переход к устойчивым энергетическим решениям

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-710

Аннотация

Статья исследует важную тему перехода от традиционных нефтегазовых источников энергии к устойчивым альтернативным решениям в свете глобальных вызовов климатических изменений и истощения природных ресурсов. Путем детального анализа текущей роли нефтегазовой промышленности в мировой энергетике. Статья обсуждает основные факторы, способствующие переходу к устойчивой энергетике и его влияние на будущее нефтегазового сектора. В данной статье также анализируются вызовы и препятствия, связанные с этим переходом, включая инфраструктурные изменения, регулирование и финансирование.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, устойчивая энергетика, нефтегазовая промышленность, климатические изменения, экологическая ответственность, энергетическая безопасность, инновации в энергетике.

Abstract

The article explores the important topic of transition from traditional oil and gas energy sources to sustainable alternative solutions in light of the global challenges of climate change and depletion of natural resources. Through a detailed analysis of the current role of the oil and gas industry in the global energy sector. The article discusses the key factors driving the transition to sustainable energy and its impact on the future of the oil and gas sector. This article also analyzes the challenges and obstacles associated with this transition, including infrastructure changes, regulation and financing.

Keywords: alternative energy sources, sustainable energy, oil and gas industry, climate change, environmental responsibility, energy security, energy innovation.

В наше время, когда мировая энергетика сталкивается с вызовами климатических изменений и несостоятельностью традиционных энергетических моделей, нефтегазовая промышленность, стоящая у истоков современной цивилизации, находится на перекрестке своей истории. Долгие десятилетия она служила двигателем мировой экономики, обеспечивая нас энергией, необходимой для нашего развития и комфорта. Однако этот успех пришел с

высокой ценой, включая загрязнение окружающей среды и угрозы климатической стабильности.

Сегодня мир стоит перед неотложной необходимостью пересмотреть свои приоритеты в области энергетики и внести радикальные изменения в способы производства и потребления энергии. Это вызов, перед которым стоит нефтегазовая промышленность, и этот вызов одновременно принесет новые возможности для инноваций и экономического роста.

На сегодняшний день налицо растущее осознание того, что долгосрочная зависимость от нефти и газа представляет угрозу для нашей планеты из-за выбросов парниковых газов и истощения природных ресурсов. Поэтому переход к устойчивым источникам энергии, таким как солнечная, ветровая, гидроэнергия и ядерная энергетика, становится более актуальным.[1]

Важно подчеркнуть, что переход к устойчивой энергетике представляет собой не только вызов, но и возможность для нефтегазовой отрасли. Многие нефтегазовые компании начинают инвестировать в альтернативные источники энергии и развивать технологии с нулевыми выбросами углерода. Это позволяет им удовлетворить растущий спрос на чистую энергию, разнообразить свой бизнес и сократить экологический след.

В целом, переход к устойчивой энергетике является необходимым шагом для обеспечения энергетической безопасности, уменьшения воздействия на окружающую среду и борьбы с климатическими изменениями. Нефтегазовая отрасль играет важную роль в этом процессе и имеет возможность преобразовать свой бизнес, оставаясь ключевым участником мировой энергетики.

Альтернативные источники энергии представляют собой важный аспект перехода к устойчивой энергетике и играют ключевую роль в разнообразии энергетических источников:

Солнечные панели становятся все более эффективными и доступными. Солнечная энергия представляет потенциал для генерации чистой энергии, особенно в регионах с обильным солнечным светом.

Ветряные турбины используются для преобразования кинетической энергии ветра в электроэнергию. Эта технология стремительно развивается, и ветровая энергия становится одним из ведущих источников возобновляемой энергии.[2]

Геотермальные источники энергии используют тепло изнутри Земли для генерации электроэнергии и обогрева. Эта технология особенно перспективна в регионах с горячими источниками.

Биомасса и биотопливо представляют собой энергию, получаемую из органических материалов, таких как древесина, солома и отходы сельского хозяйства. Они являются обновляемыми источниками энергии.

Ядерные реакции позволяют генерировать большое количество электроэнергии без выбросов углерода. Технологии ядерной энергии развиваются в направлении безопасности и устойчивости.

Водород может использоваться как носитель энергии и хранения чистой энергии. Технологии водородной энергии исследуются в различных отраслях, включая автомобильную и аэрокосмическую.[3]

Эти альтернативные источники энергии предоставляют разнообразные возможности для снижения зависимости от нефти и газа, сокращения выбросов парниковых газов и обеспечения устойчивости энергетического снабжения. Инвестиции в развитие и интеграцию этих источников энергии играют важную роль в обеспечении устойчивого энергетического будущего.

Вызовы и препятствия, с которыми сталкивается переход к альтернативным источникам энергии, играют важную роль в определении темпов и успешности этого процесса:

- Переход к альтернативным источникам энергии требует крупных инвестиций в новую инфраструктуру, включая солнечные панели, ветряные турбины, геотермальные установки и т. д.
- Необходимость обновления и модернизации сетей передачи и хранения энергии для эффективной интеграции возобновляемых источников.

- Разработка и реализация правовых и регуляторных рамок для обеспечения безопасности, эффективности и устойчивости энергетической системы с альтернативными источниками.
- Необходимость правительственной поддержки и стимулов, таких как налоговые льготы и субсидии, чтобы стимулировать инвестиции в альтернативные источники.
- Развитие и внедрение новых технологий для улучшения эффективности, надежности и стоимости альтернативных источников.
- Ограничения технологий, такие как недостаток эффективных хранилищ для энергии, периоды низкой эффективности ветровых турбин и солнечных панелей в условиях недостатка солнечного света или ветра.[4]

Исходя из всего выше сказанного можно сказать, что переход нефтегазовой промышленности к устойчивым альтернативным источникам энергии представляет собой неотъемлемый и неотложный шаг в современном мире. Эта трансформация обусловлена вызовами, связанными с изменением климата, истощением природных ресурсов и ростом экологической осознанности. В процессе перехода возникают как сложности, так и возможности, которые формируют будущее нефтегазовой отрасли и энергетики в целом.

Альтернативные источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, геотермальная и биоэнергетика, а также ядерная энергия и водород, предоставляют широкий спектр возможностей для диверсификации и устойчивости энергетического снабжения. Инвестиции в эти технологии и их интеграция в общую энергетическую систему становятся ключевыми компонентами перехода.

1. Альтернативная энергетика в России. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecseducation.ru/stati/alternativnaya-energetika-v-rossii.html>
2. Альтернативная энергетика в России: текущее состояние и есть ли у нее будущее? [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://ecoenergetics.com/alternativeenergy/alternativnaya-energetika-v-rossii#/>
3. Белан С.И., Саркаров Р.А., Гусейнов Н. М., Бадавов Г.Б. Техникоэкономическая оценка перспектив освоения возобновляемых источников энергии в России с целью энергосбережения. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов // Материалы V Школы молодых ученых имени Э.Э.Шпильрайна. 11–12 октября 2012 г.– Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников), – 394 с
4. Букаров Н.В., Василенко В. В., Пирожникова А.П. Анализ мировых инвестиций в возобновляемую энергетику//Иновации и инвестиции. 2019. № 11. С. 12–15.

Гулевич А.И.

Использование машинного обучения и искусственного интеллекта с целью повышения эффективности операций в области добычи нефти и выявления новых месторождений

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-711

Аннотация

статья посвящена применению методов машинного обучения и искусственного интеллекта для повышения эффективности процессов нефтедобычи и обнаружения скрытых месторождений. Описываются основные проблемы, с которыми сталкиваются специалисты в области добычи и обнаружения месторождений, а также показывается, какие подходы могут помочь их решить. Использование новейших технологий необходимо для развития нефтегазовой промышленности и ее конкурентоспособности в условиях современного рынка. Результаты исследования подтверждают, что использование машинного обучения и искусственного интеллекта в нефтегазовой индустрии может привести к существенным улучшениям в процессах добычи и оптимизации ресурсов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, новые месторождения, полезные ископаемые, машинное обучение, нефть, газ, геологическая разведка.

Abstract

the article is devoted to the application of machine learning and artificial intelligence methods to improve the efficiency of oil production processes and the discovery of hidden deposits. It describes the main problems faced by specialists in the field of production and discovery of deposits and shows what approaches can help solve them. The use of the latest technologies is necessary for the development of the oil and gas industry and its competitiveness in today's market. The results of the study confirm that the use of machine learning and artificial intelligence in the oil and gas industry can lead to significant improvements in production processes and resource optimization.

Keywords: artificial intelligence, new deposits, minerals, machine exploration, oil, gas, geological exploration.

Актуальность

Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли может иметь значительный потенциал для улучшения процессов нефтедобычи и обнаружения новых месторождений. Одним из главных преимуществ таких методов является их способность анализировать большие объемы данных и определять скрытые закономерности, что может помочь выявлять скрытые месторождения, а также предсказывать поведение скважин и производственных систем.[3]

Кроме того, использование методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет оптимизировать производственные процессы, например, улучшить точность прогнозирования и снизить издержки на месторождениях. Это может помочь компаниям в нефтегазовой отрасли стать более конкурентоспособными и эффективными.

Однако, необходимо учитывать и ограничения этих методов. В частности, для эффективного использования методов машинного обучения и искусственного интеллекта, требуется качественная и достаточно большая выборка данных. Кроме того, требуется глубокое понимание процессов нефтедобычи и необходимость настройки моделей для конкретных задач.

В целом, несмотря на ограничения, применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли может привести к более точному и быстрому принятию решений, улучшению производственных процессов и повышению безопасности на месторождениях. В результате компании в нефтегазовой отрасли могут получить значительные экономические выгоды и улучшить свои бизнес-показатели.

На сегодняшний день зарубежные компании активно используют искусственный интеллект для более эффективной добычи нефти и газа. British Petroleum используют искусственный интеллект и машинное обучение для увеличения нефтеотдачи месторождений, анализ потребления и цен, снижение себестоимости полезных ископаемых, построение прогнозов разработки новых месторождений. За последний год крупной компании удалось снизить затраты на 15%. Так же искусственный интеллект и машинное обучение помогают снизить затраты на ремонт, из-за своевременного обнаружения проблемы, снижается и время простоя оборудования, что увеличивает нефтедобычу и прибыль компании. Кроме British Petroleum, другие крупные нефтегазовые компании такие, как Shell, Chevron идут в ногу со временем и используют новейшие информационные технологии.

В нефтегазовой отрасли большой проблемой является автоматизация в геологической разведке, по статистике на одно месторождение пробуривают около четырех скважин и только одна из них будет рабочей. Эта проблема является актуальной из неопределённости, присущих геологической разведке. Бурение разведывательных скважин является одним из дорогих процессов при разработке нового месторождения, искусственный интеллект и машинное обучение позволяют решить эту проблему, путем сбора данных с конкретного места, что снизит затраты на бурение до минимума.[2] По расчетам зарубежных специалистов путем внедрения

искусственного интеллекта и машинного обучения в геологическую разведку нефтегазовой области, почти каждая пробуренная скважина будет запущена в эксплуатации.

Российские компании с опозданием, но с каждым годом пытаются все больше углубиться в новейшие информационные технологии, искусственный интеллект и машиностроение не исключение, для снижения затрат на добычу полезных ископаемых и ремонт оборудования. Газпром нефть на сегодняшний день является одним из лидирующих предприятий нефтегазового комплекса России по использованию искусственного интеллекта и машинного обучения. Активное использование данных технологий на данный момент крайне необходима, потому что добыча полезных ископаемых и поиск новых месторождений с каждым годом усложняется и все менее выгодные. Данные технологии планируются использоваться для разработки новых месторождений полезных ископаемых на Арктике, где работа человека крайне затруднена из-за суровых климатических условий. [1] Так же толща льда усложняют работу геологической разведки. Искусственный интеллект сможет найти из имеющихся данных, наиболее перспективные месторождения для разработки, что снизит затраты как на бурение, так и на эксплуатацию добывающих скважин и оборудования. По данным специалистов геологической разведки. Искусственный интеллект увеличит эффективность добычи нефти и газа на Арктике в десятки раз. [4]

Выводы

Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли может иметь значительный потенциал для улучшения процессов нефтедобычи и обнаружения новых месторождений.

Использование методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет оптимизировать производственные процессы, например, улучшить точность прогнозирования и снизить издержки на месторождениях. Это может помочь компаниям в нефтегазовой отрасли стать более конкурентоспособными и эффективными.

В целом, применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли может привести к более точному и быстрому принятию решений, улучшению производственных процессов и повышению безопасности на месторождениях. В результате компании в нефтегазовой отрасли могут получить значительные экономические выгоды и улучшить свои бизнес показатели.

1. Как искусственный интеллект ищет месторождения – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/interviews/5710012>
2. Машинное обучение в нефтегазовом комплексе – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://avada-media.ua/services/mashinnoe-obychenie-v-neftegazovoy-otrasli/>
3. Черников А. Д., Столяров В.Е. Применение методов искусственного интеллекта для обнаружения и прогнозирования событий при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения // Цифровые месторождения и скважины. 2020 г. № 1. С. 5–7
4. Майоров К.Н. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач нефтегазовой сферы // Интеллектуальные системы в производстве. 2021 г. №3. С. 55–64

Гулевич А.И.

Исследование средств предотвращения чрезвычайных ситуаций в нефтегазовом комплексе

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-712

Аннотация

Анализ методов предотвращения аварий в нефтегазовом комплексе является актуальной темой в современном мире, где производство нефти и газа является одной из ключевых отраслей. Область предотвращения несчастных случаев в нефтяной и газовой промышленности

в настоящее время является насущной проблемой, поскольку этот сектор играет решающую роль в мировой экономике. В этой статье мы оценим эффективность существующих методов предотвращения аварий на нефтегазовых объектах, а также выявим возможные ограничения. Эта статья служит практическим руководством для специалистов отрасли, государственных служащих и широкой общественности, выделяя методы, которые могут быть реализованы для снижения вероятности несчастных случаев и смягчения их последствий в случае их возникновения.

Ключевые слова: аварии в нефтегазовом комплексе, предотвращение разливов, защита окружающей среды, нефть, газ.

Abstract

analysis of accident prevention methods in the oil and gas complex is a hot topic in the modern world, where oil and gas production are one of the key industries. The field of accident prevention in the oil and gas industry is currently a pressing issue, as this sector plays a critical role in the global economy. In this article, we evaluate the effectiveness of existing methods for preventing accidents at oil and gas facilities, as well as identify possible limitations. This article serves as a practical guide for industry professionals, government officials and the public, highlighting practices that can be implemented to reduce the likelihood of accidents and mitigate their consequences if they occur.

Keywords: accidents in the oil and gas complex, spill prevention, environmental protection, oil, gas.

Мировая экономика в значительной степени зависит от нефтегазовой отрасли, удовлетворяющей мировой спрос на энергию и продукты нефтехимии. Однако аварии в этом секторе могут быть катастрофическими как для окружающей среды, так и для здоровья человека. Технические сбои, стихийные бедствия и человеческие ошибки являются одними из нескольких факторов, которые могут спровоцировать такие аварии.

В нефтегазовой отрасли предотвращение аварий и снижение их воздействия на окружающую среду и экономику являются важнейшей обязанностью. В этом сложном проекте участвуют специалисты из разных областей, включая инженерию, экологию, право и экономику. Разработка комплексных мер для решения этих проблем остается одной из важнейших задач в нефтегазовой отрасли.

Основная цель заключается в разработке и внедрении мер и систем, направленных на предотвращение аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли. Это включает в себя регулярное техническое обслуживание, строгий контроль за состоянием оборудования и проведение аудитов безопасности. Специальное внимание уделяется разработке и внедрению технологий и практик, направленных на минимизацию негативного воздействия нефтегазовых аварий на экосистемы. Это включает в себя меры по ликвидации разливов нефти, предотвращение загрязнения водных ресурсов, и использование современных технологий очистки воздуха.

Предотвращение катастрофических последствий нефтегазовых аварий включает в себя многоэтапный процесс. Это включает в себя исследование коренных причин аварий, анализ последствий и разработку эффективных мер по смягчению последствий и предотвращению таких происшествий. Каждый из этих шагов имеет решающее значение для обеспечения безопасности и защищенности всех, кого затрагивают подобные происшествия. [1]

Аварии в нефтегазовой промышленности хоть и редкие явления, но наносят колоссальный ущерб как окружающей среде, так и здоровью человека.

Причин из-за которых может произойти авария достаточно много, но большинство из них научились вовремя предотвращать и ликвидировать последствия без вреда окружающей среде и здоровью человека. Основными причинами являются человеческий фактор, неисправность оборудования и трубопроводной системы в целом, которые должны контролироваться человеком, стихийные явления, которые практически невозможно избежать.

На практике используется четыре основных способа устранения последствий аварий в нефтегазовом комплексе. Основным и самым безопасным с точки зрения экологии, является

механический способ. Данным методом подразумевает использование механических средств очистки, таких как нефтесборщики и установки для сепарации. Но данный способ не дает 100% гарантии устранения разливов, поэтому совмещают с химическим способом. Такой способ основан на использовании специальных химических веществ – диспергентов и сорбентов. Данный способ менее экологичный и поэтому его используют только в экстренных ситуациях, потому что хоть химические вещества разделяют нефть на мельчайшие элементы, которые уже становятся не токсичными для окружающей среды, но остается осадок химической реакции сорбентов и диспергентов, который опускается на дно. [2]

Самым доступным и простым, но в то же время крайне негативно сказывающемся на окружающей среде, является термический способ. Он заключается в сжигании нефти в месте аварии. При сгорании углеводородов сгорают только легкие фракции, тяжелые остаются нетронутыми. Так же выделяющийся осадок в виде сажи подает в атмосферу, следствием является разрушение экосистемы данной территории в области разлива.

В последнюю очередь используют биологический способ, который является заключением предыдущих трех. Данный способ подразумевает использование бактерий, который способствуют биодegradации углеводородов.

Для предотвращения аварий все нефтегазовые компании, должны принимать должные меры. Эти меры могут быть связаны с улучшением технологических процессов, обновлением оборудования, обучением персонала и ужесточением законодательства. Важно также проводить мониторинг и анализ технического состояния оборудования и промышленных установок, чтобы выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварии. Кроме того, важным аспектом является разработка и совершенствование средств реагирования на аварии.

После завершения устранения аварии необходимо провести мониторинг состояния окружающей среды, чтобы убедиться в отсутствии дальнейшего загрязнения и предотвратить возможные негативные последствия. Основная цель - убедиться в полном устранении последствий аварии и возврате окружающей среды к прежнему состоянию. Оценить, есть ли потенциал для долгосрочных негативных воздействий на окружающую среду и заранее принять меры для их предотвращения.

Выводы

Нефтегазовая промышленность является важнейшей составляющей современной экономики. Однако в связи с растущим воздействием на окружающую среду крайне важно осуществлять постоянные меры по предотвращению несчастных случаев. Важно понимать, что в современном мире без нефти и газа не обойтись, но также необходимо заботиться о безопасности и экологической устойчивости производства. Благодаря внедрению инновационных технологий и технических новшеств можно значительно снизить вероятность и тяжесть аварий. Для обеспечения безопасной работы нефтегазовых предприятий необходим комплексный подход к предупреждению и оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации. Только за счет внедрения эффективных систем контроля и привлечения компетентных специалистов можно достичь этой цели.

1. Разливы нефти: почему они случаются так часто и можно ли их предотвратить – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fb2784e9a79477fa024d069>
2. Об угрозах экологической безопасности, возникающих в результате криминальных посягательств на магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы, и о необходимых действиях при возникновении данных угроз – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zavolzh.ru/news/detail.php?id=811855>

Гулевич А.И.

Рассмотрение средств противодействия почвенной коррозии

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-713

Аннотация

Большинство трубопроводов в России проложены под землей. Данный способ прокладки имеет ряд преимуществ, потому что трубопроводные системы практически не

имеют пересечений с транспортными линиями таких, как автомобильные и железнодорожные дороги. Так же в почве по сравнению с атмосферой происходят более малые перепады температур, что дает возможность эксплуатировать трубопровод как можно дольше. Но в данном способе присутствуют недостатки, так как почва является агрессивной средой, потому что в ней содержатся различные химические элементы, начиная от солей и заканчивая минеральными веществами, которые ускоряют коррозионную реакцию трубопровода. В данной статье приведён анализ методов защиты от почвенной коррозии.

Ключевые слова: коррозия металлов, трубопроводные системы, почва, почвенная коррозия металлов.

Abstract

Most pipelines in Russia are laid underground. This method of laying has several advantages because pipeline systems have practically no intersections with transport lines such as roads and railways. Also, in the soil, compared to the atmosphere, lower temperature differences occur, which makes it possible to operate the pipeline for as long as possible. But there are disadvantages in this method, since the soil is an aggressive environment, because it contains various chemical elements, ranging from salts to minerals, which accelerate the corrosion reaction of the pipeline. This article provides an analysis of methods of protection against soil corrosion.

Keywords: corrosion of metals, pipeline systems, soil, soil corrosion of metals.

По подсчетам специалистов в России основная часть трубопроводов проведена в подземном исполнении, что вызывает затруднения в их ремонте и эксплуатации. Поддержание трубопроводной системы в рабочем состоянии главная задача линейной эксплуатационной службы. Немало важной проблемой является почвенная коррозия металлов, вызванная многочисленными факторами такими, как влага – зачастую почва остается влажной из-за атмосферных осадков или искусственного орошения, что приводит к более быстрому протеканию коррозии в трубопроводе; пористость – почва отличается по составу на всем эксплуатационном участке трубопроводов, считается что, чем больше воздуха проходит к трубопроводу тем почва является более опасной, проблемой является то, что на разных эксплуатационных участках трубопровода разная по составу почва, поэтому необходима предусматривать разные виды защиты от коррозии, что существенно повышает расходы на борьбу с ней; кислотность – уровень кислотности определяется по виду почв и в некоторых из них таких, как чернозем, подзол и т.д., металл разлагается намного быстрее; температура – в зависимости от свойств почвы коррозия протекает быстрее при высоких температурах, потому что усиливается влияние влаги; и т.д.[4]

Почвенная коррозия трубопроводов не только сказывается на технологическом процессе производства, но и для борьбы с ней нефтегазовые компании тратят большие с экономической точки зрения средства. По подсчетам специалистов ежегодно в России из-за почвенной коррозии выходят из строя 4% подземных сооружений.[5]

Почвенная коррозия делится на несколько видов таких, как химическая– возникает из-за химических элементов, которые находятся в почве: соли, кислоты; электрохимическая - так как почва является проводником электричества из-за различных элементов, входящих в ее состав, то при протекании электрического тока возникает коррозия трубопроводов; биокоррозия – взаимодействие микроорганизмов, находящихся в почве, с трубопроводом, что влечет за собой образование коррозии и т. д. [2] Для каждого вида почвенной коррозии необходим индивидуальный метод борьбы, что влияет как на эксплуатацию, так и на расходы.

На сегодняшний день используются методы борьбы с коррозией, которые помогают улучшить производственный процесс и создать хороший уровень безопасности от коррозионных поражений.

Одним из часто используемых методов является покрытие трубопроводов дополнительными изоляционными материалами. Данный метод может полностью защитить от всех потенциальных факторов, вызывающих коррозию, в трубопроводах. При долгой

эксплуатации и без своевременного ремонта на покрытии могут появиться трещины или царапины, что повлечет за собой образования коррозии в этом месте. Недостатками данного метода является то, что покрытие должно быть на всем участке эксплуатируемого трубопровода, причем определенной максимальной толщины, так же обязательно необходима дополнительная защита от перепада температур и различных видов почв. [1]

Еще одним методом является использование слоя земли с нужными показателями, который засыпают на трубопроводные системы, которые необходимо сохранить в долгой эксплуатации. Основная идея заключается в создании слоя земли с определенными характеристиками вокруг трубопровода. Этот слой действует как барьер, предотвращая прямой контакт металла с агрессивной средой почвы, которая может вызвать коррозию. Земля, используемая для создания защитного слоя, должна иметь определенные показатели, такие как низкая кислотность, нейтральный pH, минимальное содержание солей, и т.д. Это специфический состав, который предотвращает разрушение металла. Недостатком данного метода является то, что это достаточно дорогостоящий процесс, но в совокупности с другими методами позволит избежать образование коррозии на трубопроводах.

Немаловажным является метод электрохимической защиты. По мнению специалистов данный метод позволит практически полностью избавиться от коррозии трубопроводов или сильно затормозить ее возникновение. Для того что бы данный метод заработал необходимо использовать катодную защиту и металл должен передавать отрицательный потенциал. Одним из основных элементов метода является применение катодной защиты. Это технология, при которой создается электрический потенциал на металлической поверхности трубопровода. Металл трубопровода становится катодом в гальванической ячейке. Таким образом, создается условие, при котором металл находится в электрически благоприятной среде, что предотвращает его коррозию. Для того чтобы метод электрохимической защиты заработал, металлическая поверхность трубопровода должна передавать отрицательный потенциал. Это достигается путем подключения внешнего источника постоянного тока к трубопроводу. Такое подключение создает электрическую среду, благоприятную для сохранения металла в неповрежденном состоянии. [3]

Исходя из всего выше сказанного можно сказать, что существующие методы борьбы с почвенной коррозией трубопроводов являются достаточно эффективными, особенно эффективным и экономически выгодным является метод электрохимической защиты. Но и остальные методы показывают в эксплуатации себя с лучшей стороны в совокупности друг с другом.

На сегодняшний день вышеперечисленные методы обрели обширное применение на объектах трубопроводного транспорта. На данный момент проблематика заключается в том, что данным методам присущи такие недостатки как неправильное покрытие изоляционными материалами трубопроводов, так же часть из этих методов являются дорогостоящими. Для решения данных проблем необходимо усовершенствование существующих методов или создание принципиально новых, которые полностью автоматизируют технологический процесс, что поможет повысить эффективность предотвращения образования почвенной коррозии трубопроводов.

1. С.Р. Галимуллина, А. В. Карташова, Е.А.Распутина, Е.И.Ямшико Использование полимерных покрытий для защиты подземных металлоконструкций от почвенной коррозии // Приоритетные направления развития науки и образования. – 2018. – С. 47–51
2. Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т. Стойкость трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов// Приоритетные направления развития науки и образования. – 2012. - № 1. - С. 1–3
3. Петухова Е. О. Способы защиты стальных труб от коррозии // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – № 1. – С. 423–431

4. Иванцов О. М. Защита трубных сталей от почвенной коррозии//Газовая промышленность. – 1993. – № 7. – С. 27.
5. Н. П. Глазов. Особенности противокоррозионной защиты стальных подземных трубопроводов // Защита металлов. – 2004. – Т. 40. – № 5. – С. 522.

Гулевич А.И.

Сравнительное исследование методов восстановления земель после чрезвычайных ситуаций в нефтегазовой промышленности

*Дальневосточный Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-714

Аннотация

данная статья посвящена сравнительному анализу методов рекультивации земель после аварий в нефтегазовом комплексе. В этой статье описываются плюсы и минусы каждого метода, а также факторы, которые необходимо учитывать при выборе наилучшего метода восстановления. Поэтому в статье подчеркивается важность выбора наиболее эффективного и экономичного способа рекультивации земель для устойчивого развития нефтегазовой отрасли и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, рекультивация земель, углеводороды, нефтяные разливы, нефть, углеводородокисляющие микроорганизмы.

Abstract

This article is devoted to a comparative analysis of land reclamation methods after oil and gas production. This article describes the pros and cons of each method, as well as factors to consider when choosing the best recovery method. Therefore, the article emphasizes the importance of choosing the most effective and economical way of land reclamation for the sustainable development of the oil and gas industry and the conservation of natural resources for future generations.

Keywords: oil and gas complex, land reclamation, hydrocarbons, oil spills, oil, hydrocarbon-oxidizing microorganisms.

Актуальность

Нефтегазовая промышленность является важным сектором мировой экономики, но ее деятельность связана с серьезными экологическими последствиями, такими как загрязнение почвы и воды, утрата биоразнообразия и деградация природных экосистем. Рекультивация земель после аварий на стадиях добычи и транспортировки углеводородов является важным этапом восстановления природной среды и снижения негативного воздействия нефтегазовых комплексов на окружающую среду. Существует множество методов рекультивации земель после аварий в нефтегазовом комплексе, и каждый из них имеет свои плюсы и минусы. Сравнительный анализ этих методов может помочь выбрать оптимальный способ рекультивации для конкретного участка земли в зависимости от многих факторов.

В нефтегазовой промышленности по подсчетам специалистов, только в России происходит более 15000 аварий в год, потери нефти из этих аварий составляют около 4% от общего объема добычи, что оказывает значительное влияние на экологию в месте разлива.[1]

На сегодняшний день существует множество методов рекультивации земель после аварий в нефтегазовой промышленности. Применение конкретных методов зависит от множества факторов таких, как классификация почв, степени загрязнения, физико-химические свойства углеводородного сырья и многое другое.

Наиболее часто применяемыми являются механические методы рекультивации из-за простоты и наиболее быстрого удаления нефти с места разлива. Одним из способов механических методов предполагают использование специальных механизмов для удаления углеводородов из почвы, что дает возможность собрать и переработать углеводороды для

повторной эксплуатации, так же данный способ используют, когда разлив нефти необходимо устранить в кратчайшие сроки и в труднодоступных местах таких, как поля и леса с невысокой растительностью и территория нефтебаз, на которых расположено большое количество производственного мусора. [2] Еще одним способом механических методов является засыпка места разлива грунтом с последующей утилизацией. Данный способ является не экологичным, так как не удастся собрать всю нефть в месте разлива, что способствует дальнейшему загрязнению почвы.

Так как после механических методов не удается полностью устранить последствия разлива, используют физико-химические методы рекультивации. Данные методы подразумевают очистку грунта реагентами, которые вымывают и нейтрализуют углеводороды, что позволяет производить дальнейшие работы по восстановлению почвы в месте разлива. К ним относят экстракцию нефти с помощью различных растворителей и вакуумной экстракции, так же проводят обработку негашёной известью, вследствие чего, образуется твердый продукт, который удерживает нефть. Так же физико-химические методы подразумевают использование электрохимической обработки. Данный способ заключается в использовании электродов, по которым подается постоянный ток. На поверхности электрода образуется осадок из токсичных веществ, находящихся в почве с последующим извлечением. Данные методы возможно использовать на любых степенях поражения почвы при аварии, так же более эффективное удаление нефти из почвы, чем при механических методах рекультивации земель. [3]

Биологические методы рекультивации являются наиболее эффективными в удалении углеводородов в месте разливов. Данные методы предполагают использования углеводородокисляющих микроорганизмов, которые присутствуют практически во всех видах почв, так же они увеличивают скорость разложения нефти в десятки раз. Для усиления работы микроорганизмов используют субстраты, в результате почва очищается и восстанавливает свой первоначальный химический состав. Так же к биологическим методам относится высадка быстро растущих однолетних трав, которые способны забирать из почвы токсичные соединения, в результате через несколько лет почва полностью очистится. Этот способ является наиболее экономичным для предприятия. Данные методы позволяют полностью очистить грунт от загрязнения углеводородов, но требуют определенного времени для полной очистки почвы от углеводородов.[4]

Зарубежные специалисты в Соединённых Штатах Америки для рекультивации почв используют метод биовентиляции. Данный метод заключается в нагнетании воздуха, которого будет достаточно для обеспечения кислорода микробов, находящихся в почве, через скважины. Микроорганизмы в свою очередь разлагают углеводороды, что снижает уровень загрязнения в месте разлива. Под давлением воздуха уже разложившиеся углеводороды поднимаются в верхний слой почвы. Когда воздух и остатки нефти достигают поверхности, достаточная часть загрязнений разлагается под действием микроорганизмов. Данный метод используют как на участках только разлившейся нефти, так и на участках аварий, когда углеводороды находятся на достаточной глубине. По подсчетам зарубежных специалистов, удаление нефти достигает до 90% на территории разлива.

Выводы

Сравнительный анализ методов рекультивации земель после добычи нефти и газа является важной задачей для современной индустрии нефтегазового дела. Изучение и сравнение различных подходов к восстановлению загрязненных почв позволяет выбрать наиболее эффективные и экономически выгодные методы.

Важным фактором при выборе метода рекультивации является учет особенностей местности, состава почвы, а также экономических факторов. Более тщательный анализ и сравнение различных методов может привести к улучшению экологической и экономической эффективности рекультивации, что имеет важное значение для устойчивого развития нефтегазовой индустрии и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

1. Квашнина С. И., Мозырев А. Г., Богословский А. В. Высокие широты: проблемы восстановления нарушенных земель // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 10. С. 12–13.

2. Хачатрян, О. М. Способы и методы борьбы с загрязнением компонентов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами / О. М. Хачатрян // Точная наука. - 2020. - № 82. - С. 8–10.
3. Казакова М. П., Колупаева Е. С. Рекультивация земель, загрязнение нефтью и нефтепродуктами // Экологические биотехнологии. 2020 г. № 9. С. 776–781
4. Оспан Ержан, Способы очистки почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Молодежная наука, новой формации. 2020 г. №3. С. 211–215

Долгополов В.Е., Кононенко В.В., Горзова С.П.
Обзор различных видов ферм и их сравнение с балкой

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-715

Аннотация

С каждым днем сфера строительства делает шаги на пути своего развития. Однако основой современного строительства остаются уже созданные ранее и проверенные временем конструктивные элементы. Одними из таких элементов является ферма, представляющая из себя геометрически неизменяемую шарнирно-стержневую систему, на которую действуют только узловые нагрузки, а также балка, являющаяся компонентом строительной конструкции, который представляет собой длинную, прямую и обычно горизонтальную единицу, используемую для поддержки других элементов здания. В статье рассматриваются разновидности ферм и балок, их конструктивные особенности.

Ключевые слова. Строительство, фермы, классификация ферм, балка.

Abstract

Every day the construction industry takes steps towards its development. However, the basis of modern construction remains previously created and time-tested structural elements. One of these elements is a truss, which is a geometrically unchangeable hinge-rod system, which is affected only by nodal loads, as well as a beam, which is a component of a building structure, which is a long, straight and usually horizontal unit used to support other elements of the building. The article discusses the varieties of trusses and beams, their design features.

Keywords. Construction, farms, classification of farms, beam.

С каждым днем сфера строительства делает шаги на пути своего развития. Однако основой современного строительства остаются уже созданные ранее и проверенные временем конструктивные элементы. Одними из таких элементов является ферма, представляющая из себя геометрически неизменяемую шарнирно-стержневую систему, на которую действуют только узловые нагрузки, а также балка, являющаяся компонентом строительной конструкции, который представляет собой длинную, прямую и обычно горизонтальную единицу, используемую для поддержки других элементов здания. В статье рассматриваются разновидности ферм и балок, их конструктивные особенности.

С давних времен градостроителей несомненно интересовала задача достижения устойчивых к изгибу строительных конструкций. Ведь балки, использованные ранее для поддержки перекрытий зданий, не выдерживали нагрузки от такой же работы при применении их в мостах и больших сводчатых конструкциях, что приводило к их деформации. Создание мостов сопровождалось использованием большого количества материалов, что сказывалось на весе сооружения, а воплощение различных соборов, храмов и дворцов, требующих внушающих размеров пролетов, также не обходилось без габаритных стен и применения купольных форм пространственного покрытия, что не всегда гарантировало стойкость и прочность.

Тогда двигателем строительного прогресса стало понимание, что моносечение не справлялось ввиду передачи нагрузки на основание только в одном направлении, что приводило к неравномерному распределению нагрузки. Инженеры поняли, что, располагая

продольный элемент вертикально, то есть направляя нагруженное усилие на растяжение или сжатие этого элемента, исключается его работа на изгиб. Соответственно, построив такую конструкцию, в которой бы все элементы, а именно стержни, работали на растяжение или сжатие и не создавали поперечной силы, ими будет достигнута задача создания весьма прочной конструкции. Помимо прочности устройства, явным преимуществом использования ферм является

то, что они позволяют создавать более легкие конструкции, при этом не уменьшая своей способности выдерживать большие нагрузки. Кроме того, они могут быть легко модифицированы и адаптированы для различных проектов.

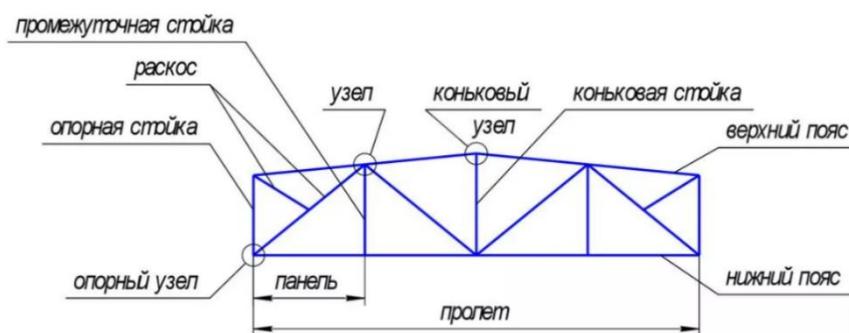


Рисунок 1 Схема фермы с указанием ее элементов.

Фактически произошла революция в строительстве, ведь сооружение на основе ферм представляет собой своеобразный конструктор, из элементов которого можно создать многопролетные решения для любого назначения. Ферменные конструкции позволили перекрывать огромные площади, быстро создавая мосты, заводы и воздвигая высотные объекты. Принцип максимума свободного пространства позволяет в пролёты и сетки колонн вписывать множество технологических цепочек и нестандартное оборудование. То есть из одного набора элементов можно создать буквально всё: агрокомплексы и склады, театры и киноконцертные залы, заводские здания и сельскохозяйственные фермы, огромные спортивные комплексы и космодромы.

Как уже разъяснено, фермы и балки служат, чтобы нести нагрузки, а именно собственный вес, временные нагрузки или нагрузки от перекрытий, и передавать их другим конструктивным элементам — стенам, колоннам или фундаментам. Однако в чем же их различие?

Первостепенно стоит отметить, что балка - это один горизонтальный элемент, а ферма – совокупность таких элементов, соединенных в геометрически устойчивой системе. Однако наиболее значимыми отличиями являются:

- балки однозначно проще монтировать, чем фермы;
- фермы, в основе своей, – статичны и не в состоянии обеспечить подвижность конструкции, если таковая понадобится; балки могут применяться при необходимости сохранить подвижность конструкции;
- балки целесообразно применять при строительстве малогабаритных объектов, фермы же больше подходят для возведения крупногабаритных сооружений: это объясняется тем, что балки имеют довольно высокую нагрузку самого строения, а фермы за счет более равномерного распределения нагрузок, требуют меньших затрат материалов, а значит - тем самым облегчают конструкцию.

В разных сооружениях используются различные виды ферм, которые должны отвечать на определённые запросы для каждой конструкции и соответствовать её технико-экономическим показателям.

Рассмотрим различные классификации ферм чтобы определить актуальность использования различных типов ферм в различных конструкциях.

Типы ферм по очертанию поясов

Очертание поясов влияет на распределение и значение усилий в элементах ферм. От очертания поясов зависят такие факторы, как конструктивные, технологические и эксплуатационные качества.

Фермы с параллельными поясами – обладают большей массой, но из-за простоты конструкции менее трудоёмкие при изготовлении и монтажа из-за однотипных элементов и узлов.

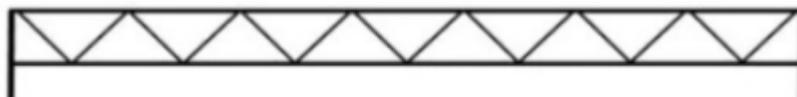


Рисунок 2. Ферма с параллельными поясами.

Фермы с полигональными поясами – данный тип ферм наиболее рационален. Это обусловлено минимальной длиной элементов решётки с сохранением равного аналогичным балкам сопротивления. Полигональные фермы трудоёмки при изготовлении и монтаже, однако существует огромное количество типоразмеров элементов и узлов, что позволяет индивидуально подобрать ферму для определённой задачи.

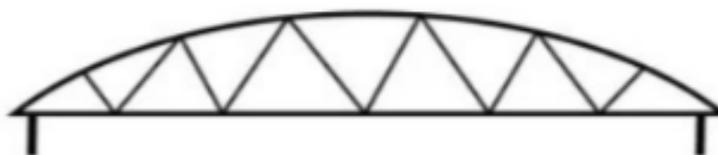


Рисунок 3. Полигональная ферма.

Трапециевидные фермы – обладают небольшим весом и наклонными поясами, что позволяет создавать определённый уклон, как при использовании ферм с полигональными поясами, однако по сравнению с ними, являются более простыми в изготовлении и монтаже благодаря более прямым формам.

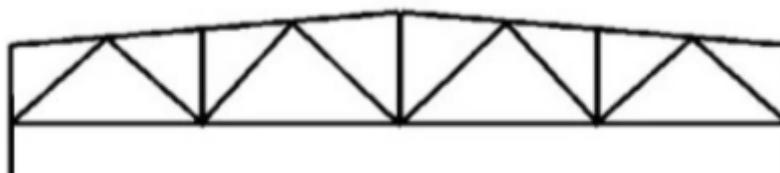


Рисунок 4. Трапециевидная ферма.

Треугольные фермы – данный тип ферм, как правило, применяют для кровель, чтобы достичь максимального значения уклоны. Отношение уклона: 1/5 (для деревянных ферм) и 1/6 (для металлических ферм). Данный тип фирм рассчитан на высокие нагрузки. Данный тип ферм сложен в монтировании и обслуживании, однако намного выгоднее, чем изделия со схожими характеристиками из сплошных балок.

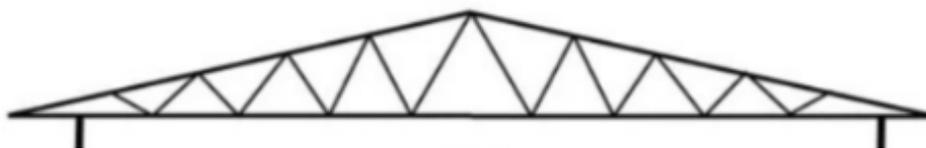


Рисунок 5. Треугольная ферма.

Типы решеток

Выбор типа решетки фермы определяет вес фермы и затраты на ее изготовление.

Наиболее распространённой и экономически-выгодной системой решеток ферм является треугольная решетка: при использовании данной системы решетки общая длина и количество узлов меньше чем в других типах решетках, однако недостатком является значительная длина панелей.



Рисунок 6. Ферма с треугольной системой решетки.

Фермы с шпренгельной решеткой: обеспечивает уменьшение размеров панелей для обеспечения передачи нагрузки в узлах фермы и для уменьшения расчетных длин поясов в плоскости ферм. Данный тип применяется при большой высоте ферм для сохранения рационального угла наклона раскосов в пределах 35° - 45° . Шпренгель - это вспомогательная конструкция треугольной, трапециoidalной или многоугольной формы, присоединяемая к основной конструкции с целью ее усиления. При усилении балок или ферм шпренгелем воспринимает на себя часть изгибающего момента балки и тем самым разгружает её.



Рисунок 7. Шпренгельная ферма

Полураскосная ферма: данные фермы обладают большей жесткостью и уменьшенной панелью, что особенно рационально при работе конструкций на большие поперечные силы. Данная система применяется при строительстве мостов, башен, при проектировании связей высотных зданий.



Рисунок 8. Полураскосная ферма

Классификация по материалу изготовления

1. Металлические решетки – наиболее актуальные и распространенные решетки ферм. Обычно в качестве материала для изготовления металлических ферм используется сталь или алюминий. Данные материалы

- отличаются высокой прочностью и долговечностью, мало подвержены коррозии, что делает металлические решетки универсальными.
2. Деревянные решетки – изготавливаются из прочных пород дерева, например, сосна или дуб. В отличие от металлических ферм обладают естественной красотой и легко вписываются в интерьер окружающей среды, обладают хорошими показателями поддержки, легко могут быть демонтированы или отремонтированы при необходимости.
 3. Пластиковые решетки – становятся наиболее популярными в последнее время из-з своей дешевизны и легкости конструкции. Изготавливаются из прочного и устойчивого к разрушению от влаги пластика. Не подвержены коррозии и не требуют особого обслуживания.

Так, можно понять, что на сегодняшний момент существует много различных конфигураций ферм, которые используются для различных целей. Некоторые из ферм являются взаимозаменяемые, и каждую ферму используют для индивидуального проекта, выбирая конструктивные особенности и материалы для неё.

Если сравнивать между собой балки и фермы, то также однозначно нельзя сказать какая конструкция более экономически выгодна. Фермы стоит использовать для перекрытия больших пролётов, а балки хорошо подходят для частного и небольшого строительства.

Таким образом, балка и ферма являются основными элементами строительной конструкции. Балка используется для передачи нагрузок на основание и имеет простую конструкцию. Ферма более сложна, но позволяет более равномерно распределять нагрузки и повышает жесткость конструкции. Выбор между балкой и фермой зависит от многих факторов, включая нагрузку, размеры конструкции, требования к прочности и жесткости, а также стоимость. Благодаря современным технологиям их изготовления сегодня имеется возможность реализовать самые смелые архитектурные проекты и решить множество коммерческих и градостроительных задач.

1. Вдовин, В. М. Конструкции из дерева и пластмасс. Проектирование деревянных ферм : учеб. пособие для СПО / В. М. Вдовин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 154 с. — (Серия : Профессио нальное образование).
2. Дарков А. В., Шапошников Н .Н. Строительная механика: Учеб. для строит. спец. вузов. — 8-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986.— 607 с.: ил
3. Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции : Учебное пособие / Н. В. Лебедева. — Москва : Архитектура-С, 2006. — 120 с., ил
4. Пронин В.В. Системы покрытия с применением ферм из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения. Конструирование и расчет [Текст]: учеб. пособ. / В.В. Пронин, М.А. Агеева, А.И. Колесов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2022. – 114 с

Егоров В.А., Орлова Г.М.

Причины снижения эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-716

Аннотация

В статье выявлены основные причины снижения надежности магистральных нефтепроводов, предложены способы решения существующей проблемы.

Ключевые слова: надежность МН, дефект, напряженное состояние, виртуальный контроль.

Abstract

The article identifies the main reasons for the decrease in the reliability of trunk oil pipelines, and suggests ways to solve the existing problem

Keywords: reliability of MN, defect, stress state, virtual control.

Тысячи километров магистральных нефтепроводов (МН) эксплуатируются на территории России. Сеть МН одна из самых обширных в мире, и, в тоже время самая изношенная. В связи с удаленностью и труднодоступностью существующих нефтяных месторождений эффективная работа нефтегазового сектора во многом зависит от надежности и безопасности трубопроводной системы.

Большая часть российских магистральных нефтепроводов построена в 70-хх. годах прошлого века, средний возраст трубопроводов составляет 30 и более лет, что значительно снижает эксплуатационную надежность, безопасность и повышает риски возникновения аварийных ситуаций, которые влекут за собой серьезные экономические и экологические последствия. Восстановление природной среды, например, после нефтяного разлива в результате образования утечки МН, осуществляется годы и требует серьезных финансовых затрат.

Для эффективной работы по предупреждению аварийных ситуаций существующих систем магистральных нефтепроводов необходимо определить существующие причины снижения их надежности и безопасности.

МН подвергаются различным по типу воздействия и происхождению нагрузкам.

Согласно [3] существующие нагрузки на трубопровод можно разделить на постоянные, временные длительные, кратковременные, особые (таблица 1).

Таблица 1

Виды нагрузок на магистральный нефтепровод.

Тип нагрузки/ воздействия	Вид нагрузки/ воздействия	Способ прокладки нефтепровода	
		Подземный	Наземный
Постоянные	Масса (собственный вес) трубопровода и обустройств	+	+
	Воздействие предварительного напряжения трубопровода (упругий изгиб и др.)	+	+
	Давление (вес) грунта	+	-
	Гидростатическое давление воды	+	-
Временные длительные	Внутреннее давление нефтепроводов номинальным диаметром Ду 700-1200 и нефтепродуктопроводов номинальным диаметром Ду700 с промежуточными НПС, ПС без подключения емкостей	+	+
	Внутреннее давление для нефтепроводов номинальным диаметром 700-1200 и нефтепродуктопроводов номинальным диаметром Ду 700 без промежуточных или с промежуточными НПС, ПС, работающими постоянно только с подключенной емкостью, а также для нефтепроводов и нефтепродуктопроводов номинальным диаметром менее Ду 700	+	+
	Масса продукта или воды	+	+
	Температурные воздействия	+	+
	Воздействия неравномерных деформаций грунта, не сопровождающиеся изменением его структуры	+	+
	Снеговая нагрузка	-	+
Кратковременные	Ветровая нагрузка	-	+
	Гололедная нагрузка	-	+
	Нагрузка, вызываемая морозным растрескиванием грунта	+	-
	Нагрузки и воздействия, возникающие при пропуске очистных устройств	+	+
	Нагрузки и воздействия, возникающие при испытании трубопроводов	+	+

	<i>Воздействие селевых потоков и оползней</i>	+	+
Особые	<i>Воздействие деформаций земной поверхности в районах горных выработок и карстовых районах</i>	+	+
	<i>Воздействие деформаций грунта, сопровождающихся изменением его структуры (например, деформация просадочных грунтов при замачивании или многолетнемерзлых грунтов при оттаивании)</i>	+	+
	<i>Воздействия, вызываемые развитием солифлюкционных и термокарстовых процессов</i>	+	-

Так, например, изменение рабочего давления во внутренней полости трубопровода способствует возникновению продольных и кольцевых напряжений в стенках, изменения которых происходят при колебаниях внутреннего давления.

Еще одним аспектом негативного влияния на надежность МН являются технологические процессы при строительстве трубопроводов: осуществление погрузки и разгрузки, транспортировка, укладка и прочие операции, производимые с нарушением требований нормативной документации.

Временные длительные нагрузки, возникающие в результате изменения давления внутри ТП, такие как гидравлические удары, дополнительные продольные усилия, случайные воздействия приводят к увеличению количества повреждений в теле трубы, например, появлению трещиноподобных дефектов, разрастанию усталостных трещин, деформации трубопровода, отклонению от проектного положения. Подобные изменения давления могут быть вызваны различными факторами: отказы электрооборудования на НПС, и, как следствие, отключение насосных агрегатов, ошибки персонала, изменение режима перекачки, самопроизвольное срабатывание запорной арматуры [2].

В результате изменения малоцикловых усталостных процессов, которые протекают в теле трубы снижают несущую способность МН. В процессе эксплуатации труб происходит их коррозионно-механический износ. Неизбежность процесса коррозии стала предопределена термодинамической и электродинамической неустойчивостью чистых металлов и сплавов, неоднородностью их структуры, коррозионными свойствами грунта и транспортируемой среды. Таким образом, на эксплуатационную надежность нефтепровода влияет концентратор напряжений:

- дефекты механического происхождения: царапины на внешней поверхности трубы (риски), задиры, забоины, вмятины (эрозионное повреждение, лыска на внешней и внутренней поверхности трубы);
- дефекты технологического происхождения: вмятина, включение, окалина, трещина, пузырь, раскатанный пузырь, расслоение, закат, вкат, царапина, риска, подрез;
- дефекты коррозионного происхождения;
- дефекты эрозийного происхождения;
- дефекты при несоблюдении технологии сварки [1].

В большинстве случаев, невозможно предупредить возникновение различного рода концентраторов. Для решения существующей проблемы повышения надежности нефтепроводов применяются методы диагностического обследования с целью своевременного выявления поврежденных участков и проведения оперативного капитального ремонта МТ.

Наиболее оптимальным и современным методом диагностики является внутритрубная (ВТД), которая позволяет гарантированно определить местоположение, тип, размер и степень опасности дефекта, не прибегая к разработке шурфов. Однако проведение ВТД возможно не на всех существующих участках нефтепроводов. Это обусловлено тем, что камерами пуска-приема очистных устройств оснащено лишь 65% существующих магистралей. Для неоснащенных участков применяют наземные методы диагностики.

Существующие методы повышения эксплуатационной надежности МН такие, как ремонты, замена секций труб, арматуры, дооснащение камерами пуска-приема очистных и

диагностических устройств, применение средств электрохимической защиты, проведение внутритрубных и наружных диагностических мероприятий, проведение гидравлических испытаний оценки состояния МН становятся малоэффективными.

В современных условиях оптимальным для контроля технического состояния МН, а следовательно, повышения их надежности, является применение компьютерных технологий – мониторинг состояния трубопровода с применением искусственного интеллекта. ИИ моделирует возможные процессы, возникающие в процессе эксплуатации нефтепроводов исходя из заданные входных параметров, таких как марка и толщина стали, условия прокладки, гидрогеологические и климатические условия местности, технологические параметры трубопровода, режим работы МТ и других, а также имеющихся опытных эксплуатационных данных в результате эксплуатации различных магистральных нефтепроводов в различных условиях.

Предлагаемый ИИ позволяет спрогнозировать коррозионное состояние МН, степень напряженности труб, состояние сварных соединений, а также динамику развития данных показателей в зависимости от заданных условий (режим эксплуатации, возраст трубопровода, состояние грунтов, марок трубной стали, проведенных ремонтов, техногенного воздействия и пр.). Сформированные массивы данных дадут возможность определить вектор изменения показателей надежности нефтепроводов, своевременно принять решение по дальнейшей эксплуатации (о проведении капитальных ремонтов, изменении режима перекачки), а также создать научную практическую базу для проектирования и строительства современных надежных магистральных нефтепроводов.

Нефтегазовый комплекс в России имеет большой экономический потенциал, в связи с чем необходимо повышать требования к надежной, безопасной и долговечной эксплуатации систем магистральных нефтепроводов, в настоящее время существует потребность в строительстве трубопроводов нового поколения с применением новых знаний по теории надежности и безопасности.

Повышения эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов можно достигнуть, подняв уровень точности и достоверности результатов оценки опасности коррозионных процессов, реальных концентраторов напряжений, создавая прогнозную оценку остаточного ресурса трубопровода, производя объективную оценку фактического состояния трубопровода в любой момент времени.

1. Николаев В.В. Напряженно-деформированное состояние ремонтируемого участка трубопровода, УМГ «Черкасытрансгаз». 2014 г. // <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/14924/C.%208292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Чурикова, Л. А. Анализ методов обеспечения безопасности эксплуатации трубопроводных систем / Л. А. Чурикова, А. М. Нургалиев, Е. А. Конашева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 20 (154). — С. 91-95
3. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы // утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищнокоммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. N 108/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г.

Ибрагимова З.М., Исакиева З.С.

Защита данных от вредоносных угроз в системе защиты

*Чеченский государственный педагогический университет
(Россия, Грозный)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-717

Аннотация

Будут освещены недостатки и преимущества методов измерения рисков, используемых в комплексной системе защиты, даны рекомендации и классификация потенциальных нарушителей при создании механизма безопасности в организации. Одним из приемов анализа

системных защит будет создание динамического движения сложной системы, в дополнение к которому будет рассмотрено, что необходимо учитывать при оценке рисков и какие параметры рассчитывать. Особое внимание будет уделено созданию методов и технологий создания программного обеспечения для выявления и снижения рисков на основе карт движения.

Ключевые слова: СУБД, информационная безопасность, комплексная безопасность, система защиты, угроза, риск.

Abstract

The disadvantages and advantages of risk measurement methods used in a complex system of protection will be studied, recommendations will be given and classification of potential intruders in the creation of a security mechanism in an organization will be provided. One of the techniques of system defence analysis will be the creation of a dynamic motion of a complex system, in addition to which it will be considered what needs to be considered in risk assessment and what parameters to calculate. Particular attention will be paid to the creation of methods and techniques for creating software to identify and mitigate risks based on motion maps.

Keywords: DBMS, information security, comprehensive security, protection system, threat, risk.

Невозможно выполнять различные операции с базой данных, работающей в среде операционной системы. По этой причине был создан специальный комплекс приложений на базе операционной системы. Комплекс называется системы управления базовыми данными. СУБД представляет собой набор программного и языкового обеспечения, предназначенного для того, чтобы создавать, обслуживать и использовать базы данных, а также для их использования. Основная часть СУБД — это программа управления. Программа автоматически выполняет все процессы установки соединений с базой. Управляющая программа при запуске СУБД всегда в памяти, настраивает обработку требований, обеспечивает выполнение порядка, устанавливает связи приложения с ОС. Контролирует выполнение соответствующих операций, таких как: база данных [1].

Основной функцией управляющей программы является настройка параллельного выполнения требований, которые вводятся в базу данных. В зависимости от уровня контроля информация делится на входящую и исходящую.

Входящая информация - это информация, которая используется в первичном потоке для выполнения экологических и управленческих функций и вопросов, поступающих в организацию (структурные подразделения) извне.

Исходящая информация - это информация, которая передается из одной системы управления в другую. Информация – это и поступающая информация для пользователей, и выходящая информация для тех, кто ее производит. В этом случае информация представлена в следующих формах: буквенно-цифровая (текстовая) - состоит из алфавита, цифр и специальных символов, а также графики - графиков, диаграмм, картинок.

Компоненты [1-3] ИС определяются характером поставленных перед ней задач и характером решаемых проблем.

Как упоминалось выше, информация хранится в базе данных. База данных - набор данных, взаимосвязанных в определенном порядке, не зависящий от приложений. Как и у всех картотек, базу данных составляют записи. На платформе формируются записи. Если запись — минимальная единица обмена данных между оперативной и внешней памятью, поле — минимальная единица обработки данными.

Мы рекомендуем выполнить следующие действия для создания системы защиты:

1) Выбор стандартов информационной безопасности и создание базовой системы защиты Первый шаг - обеспечить защиту вашей компании на базе. Системы защиты должны соответствовать стандартам выбранного типа. В рамках данной работы весь ресурс классифицируется в зависимости от уровня конфиденциальности и требований к правам

доступа, физического расположения этих классификаций необходим для создания системы правового управления.

2) Систематизировать знания потенциальных преступников и составить список угроз для каждой категории. Описание потенциальных преступников осуществляется с использованием сведений, предоставленных группами безопасности вашей организации и аналитикой. Угрозы для каждого вида регистрируются для всех ресурсов информационных носителей. Создавая список угроз, удобно применять таблицы различных стандартов.

3) разработка комплексной политики безопасности в соответствии с особенностями организации, дополнение и корректировка базовой системы защиты организации. Для каждой угрозы разработаны всесторонние правила безопасности и правила управления, защиты и распространения информации. Политик рекомендует дополнять существующую защитную систему на базовых уровнях и организационных мерах, учитывая особенности конкретного предприятий.

4) персонализирование злоумышленников, спецификация ценных коммерческих данных, список потенциальных угроз реальному конкуренту. Для разработанной методики этот шаг очень важный. Для того, чтобы в равной мере оценить опасность конкретной угрозы для Вашей организации, необходимо знать личность потенциального преступника. Службы безопасности должны работать над выявлением конкретных вражеских объектов, которые сегодня находятся в доступе. Какая информация, например, структура контрактов, завершенных проектов, связана с деятельностью организации, которая знает личность конкурирующих организаций, частных лиц и так далее, может интересовать их, какая выгода они могут получить от этого, например, от получения самого заказчика, какая ущерб предприятие получит от использования интересующей злоумышленником информации;

5) Анализируя риски и управляя ими, используйте разработанные методологии, которые позволяют оценить системы защиты, повысить эффективность системы. Успешное выполнение угрозы для конкретного противника заключается в том, чтобы выполнить два действия. Одним из способов подобного нарушения является доступ к интересующей Вас информации, а также успешное применение полученной информации для своих целей. Однако в принципе объем прибыли конкурентов не соответствует угрозе, которую видит компания в угрозе реализации. Многие традиционные подходы анализируют лишь возможные способы получения информации. Если предположить, что после того, как противник будет использовать информацию, он проигрывает. И ведь это не дает возможности разрабатывать методики для противников, владеющих информацией, а еще не стали её применять. К тому же без анализа возможностей использования нельзя дать однозначную оценку, сколько реально стоит информация, сколько пытается захватить информацию конкуренты, и какие потери у защищаемой стороны, какие бы выгоды не имели. Это и будет действие.

6) Постоянный мониторинг окружающей среды, своевременное обнаружение новых угроз и противников для сбора статистики по инцидентам в области комплексной безопасности. Как только поступает новая информация, она заносится в исходные данные и участвует в дальнейшем анализе [4].



Рисунок 1. Угрозы информационной безопасности.

Все формы риска (угрозы, уязвимости и т.д.) требуется идентификация. Проблемы с созданием списка и подтверждением полноты варьируются в зависимости от требований вашей организации. На уровне безопасности по умолчанию нет никаких особых требований к развертыванию класса. То есть достаточно использовать список предпочтительных классов в риске (например, каталог угроз немецкого стандарта BS1).

Следовательно, можно рассматривать теоретико-игровую модель как модель подобных ситуаций. Чтобы определить, предлагается ли данная проблема, вы должны определить набор возможных наступательных и оборонительных стратегий и настроить целевую функцию системы. Вы можете предположить, что большинство информационных систем имеют ограниченное количество угроз. Средства защиты используются для реагирования на угрозы в ограниченных областях. Множество средств защиты повышает уровень защиты системы от многих видов угроз.

1. Аверченков, В. И. Организационная защита информации: учебное пособие для вузов / В. И. Аверченков, М. Ю. Рытов. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2020. — 184 с.
2. Рагозин, Ю. Н. Инженерно-техническая защита информации: учебное пособие по физическим основам образования технических каналов утечки информации и по практикуму оценки их опасности / Ю. Н. Рагозин; под редакцией Т. С. Кулакова. — Санкт-Петербург: Интермедия, 2021. — 168 с.
3. Креопалов, В. В. Технические средства и методы защиты информации: учебное пособие / В. В. Креопалов. — Москва: Евразийский открытый институт, 2021. — 278 с.
4. Методы и средства инженерно-технической защиты информации: учебное пособие / В. И. Аверченков, М. Ю. Рытов, А. В. Кувыклин, Т. Р. Гайнулин. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2021. — 187 с.

Кудряшова Е.Е.

Развитие Арктики: Северный морской путь

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-718

Аннотация

Представляет обзор современного состояния и перспектив развития Северного морского пути (СМП) через арктические воды от западного побережья Европы до восточной части Азии вдоль северного побережья России. Приведены исторические корни маршрута, включая его использование коренными народами и первые попытки использования европейскими исследователями. Особое внимание уделено современным технологическим инновациям, включая развитие ледоколов, навигационных систем и инфраструктуры портов, способствующих повышению безопасности и доступности маршрута. Рассматриваются прогнозируемые изменения в использовании СМП в контексте изменения климата, экономических возможностей и геополитических факторов. В свете увеличения сезонности и доступности маршрута из-за таяния льдов, оценивается потенциал СМП для увеличения морского транзита, торговли и добычи природных ресурсов.

Ключевые слова: Северный морской путь, арктическое судоходство, изменение климата, развитие инфраструктуры, экономический потенциал, ледоколы, портовая инфраструктура, торговые пути.

Abstract

This article provides an overview of the current state and future prospects of the Northern Sea Route (NSR). The NSR is a maritime route traversing Arctic waters from the western coast of Europe to the eastern part of Asia along Russia's northern coast. The authors analyze the historical roots of the route, including its utilization by indigenous populations and early attempts by European explorers. Special attention is given to contemporary technological innovations, encompassing the development

of icebreakers, navigational systems, and port infrastructure, enhancing the route's safety and accessibility. The article examines the anticipated changes in NSR usage over the coming decades in the context of climate change, economic opportunities, and geopolitical factors. In light of increased seasonality and accessibility due to ice melt, the article evaluates the NSR's potential for heightened maritime transit, trade, and natural resource extraction.

Keywords: The Northern Sea Route, Arctic shipping, climate change, infrastructure development, economic potential, icebreakers, port infrastructure, trade routes.

Введение

Северный морской путь (СМП) представляет собой уникальный морской маршрут, протяженный через арктические воды от западного побережья Европы до восточной части Азии. Этот маршрут, который проходит вдоль северного побережья России, представляет собой путь через Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря, обеспечивая потенциально более короткий путь между западными и восточными регионами. СМП является предметом повышенного интереса в связи с изменениями климата и таянием льдов, что создает новые возможности для морских перевозок и торговли. При этом ледовые воздействия могут не только не уменьшаться, но даже увеличиваться [1-9]. В статье приведено рассмотрение текущего состояния и прогнозируемых изменений в использовании Северного морского пути в ближайшее время. В контексте современных вызовов и возможностей, связанных с изменением климата, СМП приобретает все большее значение как альтернативный морской путь, который может предложить сокращенные маршруты для мировой торговли. Однако его использование продолжает вызывать вопросы об экологической устойчивости, безопасности судоходства [10-17] и геополитических аспектах, что делает этот маршрут объектом интереса для исследователей, государственных органов и коммерческих компаний.

Материалы и методы

История Северного морского пути (СМП) (рисунок 1) простирается на протяжении веков и связана с попытками людей преодолеть арктические просторы между Европой и Азией. Этот маршрут, проходящий вдоль северного побережья России от Западной Европы до Дальнего Востока, представляет собой путь через арктические моря: Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское.

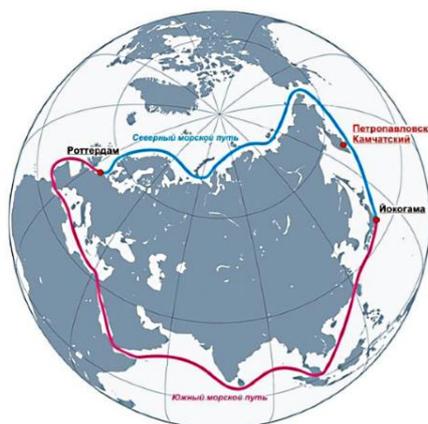


Рисунок 1. Северный морской путь.

История СМП насчитывает тысячелетия. Существуют доказательства того, что этот путь был использован древними народами, такими как ненцы, чукчи, эскимосы и другие коренные народы Севера, для перемещения по арктическим берегам в поисках ресурсов и торговли. Однако первые попытки использования СМП европейскими мореплавателями происходили в эпоху Великих географических открытий. В XVI веке Русь начала активно исследовать арктические просторы. Русский купец Семён Дежнёв, а затем и Витус Беринг, открывший пролив, получивший его имя, стали первыми, кто добрался до Берингова пролива и вышел в

Тихий океан, проходя через воды Северного морского пути. В XIX веке были совершены экспедиции адмирала Н.М. Пржевальского и других исследователей, которые укрепили понимание значимости и трудностей плавания в этих водах. Одним из ключевых моментов в истории СМП стало открытие арктического побережья Сибири в рамках российских географических экспедиций. При этом важно отметить, что в разные исторические периоды маршрут СМП менялся в связи с климатическими изменениями, распространением льдов и географическими особенностями. В XX веке интерес к Северному морскому пути возрос в связи с поисками сокращенных морских маршрутов между Европой и Азией. В период Холодной войны СМП приобрел стратегическое значение как потенциальный путь для сокращения времени доставки военных и торговых грузов. С развитием технологий и изменением климата в последние десятилетия интерес к СМП возрос еще больше. Таяние льдов в арктических регионах создает возможности для расширения сезонного использования этого пути и увеличения его значимости для мировой торговли.

Современное состояние Северного морского пути (СМП) олицетворяет собой современные технологические инновации и постоянное развитие инфраструктуры в этом регионе.

Современные навигационные системы, включая GPS и ГЛОНАСС, играют важную роль в обеспечении безопасности судов при прохождении через СМП. Они позволяют отслеживать маршруты, прогнозировать погодные условия и обеспечивать связь в удаленных арктических районах.

Развитие мощных ледоколов и использование технологий для разрушения льда улучшили проходимость СМП в периоды таяния льда. Ледовые нагрузки и воздействия являются основополагающими для большинства сооружений Арктики [18-24]. Модернизированные ледоколы способны проложить путь через толстые ледовые панцири, обеспечивая более доступный путь для судов.

Разработка специальных систем управления судами, которые учитывают особенности арктических вод, помогает минимизировать риски столкновения с льдами, обеспечивает обнаружение подводных препятствий и улучшает управление судном в сложных климатических условиях.

Вдоль СМП строятся и модернизируются порты, с учетом новых рекомендаций, в том числе по ледовым воздействиям [25-29], что улучшает возможности для загрузки и выгрузки грузов, а также обслуживания судов. Инфраструктура развивается для увеличения эффективности оборота грузов и стимулирования морского транзита.

Усовершенствование систем связи и установка современной транспортной инфраструктуры включает в себя развертывание сетей сотовой связи, средств связи на судах и технологий, обеспечивающих более эффективное управление грузоперевозками.

Прогнозируемые изменения в использовании Северного морского пути (СМП) в ближайшие десятилетия носят сложный и многоаспектный характер, отражая смешанные тренды, связанные с климатическими, экономическими и геополитическими факторами.

С изменением климата ожидается дальнейшее таяние льдов в арктических регионах, что приведет к увеличению периодов, когда СМП будет доступен для использования. Это позволит увеличить годовой объем грузоперевозок и торговли через этот маршрут.

Прогнозируется, что развитие современной инфраструктуры, включая порты, ледоколы и навигационные системы, будет способствовать улучшению доступности и безопасности плавания по СМП, даже в условиях изменяющегося климата.

Перспективы роста мировой торговли, особенно между Европой и Азией, привлекают внимание к СМП в качестве сокращенного маршрута, снижающего время и стоимость доставки грузов. Это может привести к увеличению количества судов, проходящих через этот маршрут.

Развитие арктической инфраструктуры может стать ключевым фактором для добычи и транспортировки природных ресурсов, таких как нефть, газ, руды и древесина, из отдаленных регионов. Это может увеличить спрос на СМП для транспортировки данных товаров.

Россия, владеющая большей частью арктических берегов, играет ключевую роль в развитии СМП. Ее стратегия и политика в отношении этого маршрута могут оказать существенное влияние на его использование в ближайшие десятилетия.

Комбинация климатических изменений, экономических потребностей и геополитических факторов сделает СМП одним из центральных объектов внимания и исследований в контексте мировой торговли, транзита и эксплуатации арктических регионов.

Заключение

Северный морской путь (СМП) представляет собой сложную сеть морских маршрутов, олицетворяющую взаимодействие между природными условиями, технологическими инновациями, экономическими потребностями и геополитическими интересами. Роль этого маршрута продолжает эволюционировать, отражая изменения в мировой экономике и климате. Современное состояние СМП отражает значительные технологические достижения, такие как разработка более мощных и эффективных ледоколов, современные навигационные системы и развитие инфраструктуры портов и судоходных путей. Вызовы, связанные с изменением климата, требуют постоянного внимания к безопасности судоходства, экологической устойчивости и управлению рисками в арктических водах. Прогнозируемые изменения в использовании СМП в ближайшие десятилетия представляют собой смешанный набор факторов. Ожидается увеличение сезонности и доступности маршрута в связи с таянием льдов и развитием инфраструктуры. Это может способствовать росту морского транзита, торговли и использованию маршрута для добычи природных ресурсов. Геополитические аспекты также остаются важными в контексте СМП, поскольку различные государства стремятся утвердить свои интересы и влияние в арктическом регионе. Северный морской путь продолжает привлекать внимание мирового сообщества как стратегически важный транзитный коридор и ресурсный регион. Его развитие и использование будут требовать инноваций, сотрудничества между государствами и бизнесом, а также учета экологических и социальных аспектов для обеспечения устойчивого и эффективного функционирования в будущем.

1. Sharapov D., Andreeva S., Artificial ice island, E3S Web of Conferences 431, 06011 (2023). - <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343106011>.
2. Карпова, А. А. Расчет больверка в составе искусственного острова методом КЭ / А. А. Карпова, Ю. В. Стрябкова, Д. А. Шарапов // Неделя науки ИСИ : Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года / Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – С. 61-62. – EDN VKLLCC.
3. Шарапов, Д. А. Особенности расчета нагрузок при термическом расширении льда/ Д. А. Шарапов, С.А. Андреева // Гидротехническое строительство. – 2023. – № 8. – С. 2-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.34831/EP.2023.64.37.001>
4. Sharapov D., Water circulation to improve the quality of port ice management, International Journal for Quality Research v18, n2, 2023, DOI: 10.24874/IJQR18.02-18
5. Бучнев, И. Д. Расчет оградительных сооружений порта «Бухта Север» в программном комплексе PLAXIS 2D / И. Д. Бучнев, Д. А. Шарапов // Неделя науки ИСИ : Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года / Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – С. 92-94. – EDN ZBNCPX.
6. Sharapov D (2023) Ice adhesion to hydrotechnical structures. E3S Web of Conf 431:03006. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343103006>.
7. Andreeva, S.A., Sharapov, D. Hoek–Brown model for ice breaking simulation. Magazine of Civil Engineering. 2023. 123(7). Article no. 12303. DOI: 10.34910/MCE.123.3

Кузнецов Я.Н.

Технология слайд-мэппинга для промышленных предприятий

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-719

Аннотация

Технология Слайд-Мэппинга, применяемая для световой демаркации и визуализации – это одна из перспективных методов повышения наглядности рабочего пространства. В статье рассмотрены принципы работы данной технологии, ее преимущества для промышленных предприятий и потенциальное влияние на уменьшение аварийности.

Ключевые слова: проекционная разметка, световая демаркация, визуализация, промышленные предприятия, Слайд-Мэппинг, безопасность.

Abstract

Slide mapping technology used for light demarcation and visualization is one of the promising methods of increasing the visibility of the workspace. The article discusses the principles of operation of this technology, its advantages for industrial enterprises and the potential impact on reducing accidents.

Keywords: projection marking, light demarcation, visualization, industrial enterprises, Slide Mapping, security.

В данное время на промышленных предприятиях набирает актуальность световая демаркация и визуализация, а именно технология Слайд-Мэппинг. Цель данной разработки в улучшении визуализации рабочих зон и маркировки участков, имеющих опасный характер. Рассмотрим обширнее данную разработку. В основе технологии Слайд-Мэппинг лежит метод проекции анимации и изображений на различных поверхностях для инструкций и разметок, сигнальных звонков и т.д. [2]

Технология Слайд-мэппинг (Slide-mapping) была запатентована в 2017 году. Слайд-мэппинг для промышленной безопасности - это технология фотостатической проекции, использующая мощные светодиодные проекторы для создания предупреждающих знаков, разграничения территорий и мест, выделения опасных зон, а демаркация - определение границ и обозначение их знаками.

В 2020 году Мурманским транспортным филиалом ПАО "ГМК "Норильский никель" была разработана задача по повышению эффективности знаков безопасности и демаркационных линий на территории Мурманского транспортного филиала в условиях полярной ночи, когда видимость знаков низкая. Для поиска решения была использована технология слайд-маппинга. Эта технология сама по себе является инновационной, а ее применение в области промышленной безопасности и охраны труда - первым. Впервые для создания разметки и предупреждающих знаков было использовано проекционное освещение. [1]

Таким образом, был разработан проект проекционного освещения, включающий знаки безопасности, пешеходные зоны, пешеходные переходы и демаркационные линии в складском здании. Всего в проекте было задействовано 138 проекторов. Проекторы разной мощности и разного назначения были специально разработаны для работы в условиях Крайнего Севера, что успешно повысило безопасность на данном предприятии.

Плюсами данной разработки стала возможность быстрой корректировки самой проекции при изменении условий и задач работы. Также такую разметку трудно не заметить за счет четких и ярких проекций, которые в свою очередь еще устойчивы к износу и не стираются

в отличие от физической разметки. Световая демаркация и визуализация опасных зон делится на несколько областей. Основные виды и их характеристики представлены в таблице №1.

Если рассматривать данную технологию Слайд-Мэппинг с точки зрения безопасности на промышленных объектах, то конечно же, она существенно уменьшает риск возникновения аварий. [3]

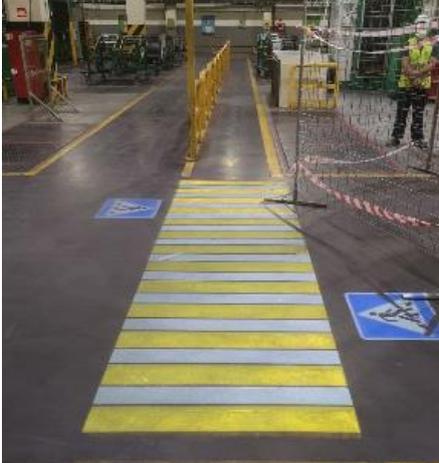
Во-первых, за счет своей динамичности, такая разметка может адаптироваться к различным условиям. Она может быть интегрирована различными датчиками и меняться в реальном времени в зависимости от разных параметров; от наличия рабочих на данных участке, от движения техники, изменения температуры и других рабочих условий.

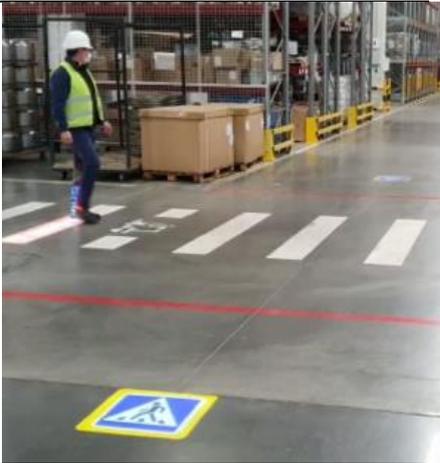
Во-вторых, данная разметка может быть использована не только по своему прямому назначению, но и для обучения персонала. Проекция различных инструкций и схем, планов эвакуации, и даже показ коротких видеороликов поможет наглядно ускорить процесс обучения персонала.

В-третьих, при возникновении внеплановой ситуаций, данная разметка не требует прекращения работы предприятия, с помощью ее можно сделать разметку на большой территории в сжатые сроки.

Таблица 1

Основные виды и их характеристики световой демаркации и визуализации опасных зон.

Вид	Область применения	Видимость	Изображение проекции
Наружная	Выделенные участки могут находиться на открытом воздухе при неблагоприятных погодных условиях	Заметны на снегу, грязи, воде, слякоти, в туман и т.д	
Внутренняя	Демаркация в складских и производственных помещениях	хорошо заметна для сотрудников в зависимости от типа напольного покрытия (глянцевое, матовое, загрязненное, мокрое)	

<p>Активная</p>	<p>Появляется или изменяется, когда происходят действия в определённой локации</p>	<p>включается определенная проекция зависимости от изменяющейся ситуации на объекте, включается определенная проекция зависимости от изменяющейся ситуации на объекте</p>	
<p>Информационная</p>	<p>Информирование о технике безопасности на фасадах зданий и сооружений</p>	<p>проекция может быть любого размера и будет отлично видима на любой поверхности</p>	

Общие сведения и условные знаки:

- Знаки опасной зоны на предприятии необходимы для привлечения внимания сотрудников к потенциальным опасностям. В идеале знак концентрирует внимание работников и предписывает (запрещает или разрешает) определенное поведение в конкретной зоне.
- Маркировка опасных зон на производстве предполагает нанесение сигнальной разметки складских и производственных помещений. Раздел 7 ГОСТ 12.4.026-2015 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ)" определяет требования к виду, назначению и применению сигнальной разметки. Внутренние локальные нормативные акты предприятия также могут предусматривать дополнительные требования к маркировке опасных зон.
- Сигнальная маркировка - это использование изображений сигналов и контрастных цветов на поверхностях, конструкциях, стенах, оборудовании, приспособлениях или их элементах. Визуальная маркировка опасных зон может осуществляться различными способами.

Световая разметка подходит для сложных и неподходящих для обычной разметки профилей. Светильники проецируют разметку даже на ямы, канавы, экскаваторы, траншеи, откосы дамб и насыпей, грунт и гравий. Размеченная зона может находиться на открытом воздухе, в неблагоприятных погодных условиях. Она видна в снегу, грязи, воде, слякоти и тумане. Проектор может работать при низких температурах: до -50 °С. Места установки световых проекторов рассчитываются так, чтобы луч света не попадал в поле зрения и не вызывал ослепления. Рассмотрим два вида демаркации.

1. Статическая демаркация. Компактные слайд-проекторы устанавливаются на окружающих конструкциях, стендах, крышах или стенах зданий и подключаются к электросети. Несколько проекторов формируют

проекционную зону с заданным уровнем освещенности. Этот этап является частью запатентованной технологии слайд-мэппинга.

2. Динамическая демаркация. Уникальной особенностью является активная демаркация. Освещение появляется или изменяется при наступлении определенных событий в определенных местах. Этот алгоритм задается заранее. Например, при перемещении стрелы, механизмов, открытия или закрытия ворот на объекте включается определенная проекция. Выступы совместно с датчиками движения реагируют на активные системы (краны, ворота, двери и т.д.). При повороте стрелы крана происходит очерчивание опасной зоны. Если кран не работает (отключение питания), то может быть спроецирован знак, разрешающий движение.

С экономической точки зрения, первоначальные затраты на установку системы слайд-мэппинга могут быть довольно высокими, но в перспективе она может значительно сэкономить ресурсы. Не нужно постоянно обновлять физическую разметку, что значительно снижает расходы.

Таким образом, данная технология представляет собой перспективное решение на промышленных предприятиях для повышения уровня безопасности за счет своей гибкости, устойчивости, что является эффективным инструментом для снижения аварийности на производстве.

1. Распознавание дороги посредством семантической сегментации [Электронный ресурс] / Stantin. — Электрон. текстовые дан. — Хабр, 27.06.2019. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/452088/>
2. Простой алгоритм распознавания дорожной разметки [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Reg.ru, 02.03.2019. — Режим доступа: <https://www.reg.ru/blog/simple-algorithm-for-road-marking-detection/>
3. Системы обнаружения движущихся объектов на проезжей части дороги [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Современные технологии производства, 20.06.2019. — Режим доступа: <https://extxe.com/18628/sistemy-obnaruzhenija-dvizhushhihsja-obektov-na-proezzhej-chasti-dorogi/>

Кузьмин А.В.

Повышение эффективности сушки урожая зерновых и кормовых культур

*Поволжский государственный технологический университет
(Россия, Йошкар-Ола)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-720

Аннотация

Для повышения эффективности сушки зерновых и кормовых культур важно улучшение технологии сушки, оптимизация процесса сушки, применение новых технологий, внедрение энергосберегающих технологий и использование возобновляемых источников энергии. Обучение персонала также играет важную роль в повышении эффективности сушки урожая. Использование различных технологий послеуборочной обработки зерна, с применением усовершенствованных сушильных установок не послойной сушки зерна, позволит повысить сохранность зерна, существенно снизить расход топлива и повысить производительность труда.

Ключевые слова: эффективность сушки, уборка зерна, технологии послеуборочной обработки зерна, грузовой транспорт, производительность.

Abstract

To improve the drying efficiency of grain and fodder crops, it is important to improve the drying technology, optimize the drying process, apply new technologies, introduce energy-saving technologies and use renewable energy sources. Staff training also plays an important role in improving the efficiency of crop drying. The use of various technologies of post-harvest grain processing, with the use of advanced drying plants for non-layered grain drying, will increase the safety of grain, significantly reduce fuel consumption and increase labor productivity.

Keywords: drying efficiency, grain harvesting, post-harvest grain processing technologies, cargo transport, productivity.

Качественная сушка зерновых и кормовых культур является актуальной задачей для обеспечения их сохранности и питательной ценности, а также для снижения затрат на их хранение. Успех обработки и хранения зависит от подготовки технических средств и правильного соблюдения режимов хранения зерна.

Семенное и продовольственное зерно после уборочной обработки хранится на элеваторах или специализированных сооружениях, где в период хранения, при необходимости, можно производить повторную сушку, что нельзя сказать о фуражном зерне, которая хранится в обычных складах. Правильная организация послеуборочной сушки и хранения фуражного зерна позволяет полностью сохранить его качество и свести к минимуму потери массы. Но большинство существующих технических средств, производят сушку зерна послойно с определенной толщиной слоя зерна, что приводит к некачественной сушке внутренних слоев зерна. Качественную сушку фуражного зерна, можно осуществить не при послойной подаче зерна в сушильную камеру, а в рассыпном виде.

Для повышения эффективности сушки зерновых и кормовых культур можно использовать следующие методы:

- Улучшение технологии сушки: Использование современных сушильных установок, которые обеспечивают более быструю и равномерную сушку зерна, а также снижают энергозатраты.
- Оптимизация процесса сушки: Подбор оптимальных параметров сушки (температура, влажность, время сушки) для каждого вида зерна и кормовых культур.
- Применение новых технологий: Использование инфракрасных сушилок, которые позволяют сократить время сушки и снизить энергозатраты.
- Внедрение энергосберегающих технологий: Применение тепловых насосов, которые позволяют использовать теплоту отработанного воздуха для нагрева свежего воздуха, поступающего в зерносушилку.
- Использование возобновляемых источников энергии: Солнечные и ветровые электростанции могут обеспечить экологически чистую и дешевую энергию для сушки зерна.
- Обучение персонала: Обучение работников сельскохозяйственных предприятий новым методам сушки зерна и кормовых культур, а также повышение их квалификации.

На сохранность зерна существенно влияют ее влажность и температура. В сухом зерне (влажность 10-12%) существенно снижаются биохимические процессы, почти не развиваются микроорганизмы, насекомые и клещи. Такое зерно хорошо хранится, причём потери массы в зерне пшеницы, не превышают 0,01-0,04% в год. [1]

В зерне с повышенной влажностью резко возрастает интенсивность дыхания, активно развиваются микроорганизмы (напр., плесневые грибы) и вредители хлебных запасов. Вследствие этого выделяется много тепла, что приводит к самосогреванию, значит потере качества и массы (3—8%) и даже порче продукта (при повышении температуры до 55-60°C). Влажность зерна, при которой интенсивность дыхания резко возрастает, называется критической. Для зерна пшеницы, ржи, ячменя, риса, гречихи она находится на уровне 14,5-15,5%, зерновых бобовых культур - 15-16%, проса, кукурузы и овса-13,5-14,5%. Кроме того, плесневые грибы образуют токсины, ядовитые для человека и животных, придают зерну неустрашимый затхлый запах [2].

Состояние сушильного парка в России не удовлетворяет потребностям. Около 70-80% зернового урожая убирают во влажном состоянии (более 20%). Существующий парк сушильного оборудования не в полной мере удовлетворяет потребности сельского хозяйства.

Для решения данного вопроса Правительством РФ утверждена Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года.[3]

Одним из способов эффективного решения вопроса качественной сушки зерна является создание соответствующих кооперативов, в которых можно использовать отечественные зерноочистительно-сушильные комплексы. Эти комплексы доступны для приобретения в плане цены, качества выполняемых работ, доставки с последующим монтажом.

Зерноочистительно-сушильный комплекс ЗСК-40Ш предназначен для послеуборочной обработки (очистки, сушки) зерновых, колосовых, зернобобовых, крупяных культур, кукурузы, рапса с исходной влажностью до 35% и предусматривает комплексную механизацию очистки, сушки и погрузочно-разгрузочных работ.

Другой приемлемой установкой для кооперативов, является сушилка контейнерная ССК-16, которая предназначена для сушки и активного вентилирования семян зерновых, зернобобовых и злаковых культур, без ухудшения их качеств.

Особенность сушилки - позволяет обеспечить одновременную сушку 16 различных партий культур и сортов семян массой от 100 до 1000 кг. в каждом контейнере с сохранением их посевных качеств, путем однократной загрузки без сортосмешивания и дробления.

Использование современных технологий сушки урожая зерновых и кормовых культур может повысить эффективность этого процесса. Некоторые из таких технологий включают в себя:

Инфракрасные сушилки: Эти устройства используют инфракрасное излучение для быстрого и эффективного нагрева зерна, что сокращает время сушки и снижает энергозатраты.

Тепловые насосы: Эти устройства используются для рекуперации тепла из отработанного воздуха зерносушилки и использования его для нагрева свежего воздуха. Это позволяет экономить энергию и снижает выбросы парниковых газов.

Солнечные сушилки: Использование солнечной энергии для сушки зерна позволяет получать экологически чистую и возобновляемую энергию. Однако, такие системы могут быть дорогими в установке и эксплуатации.

Ветрогенераторы: Ветрогенераторы могут обеспечивать электроэнергией зерносушилки, что также является экологически чистым и возобновляемым источником энергии.

Обучение персонала: Обучение сотрудников сельскохозяйственных предприятий новым технологиям сушки зерна и кормов может помочь повысить эффективность процесса.

1. От мешков до модульных хранилищ — все о технологиях хранения зерна [Электронный ресурс]. – URL: <https://glavagronom.ru/articles/ot-meshkov-do-modulnyh-hranilishch----vse-o-tehnologiyah-hraneniya-zerna>. (дата обращения 22.10.2023).
2. Юкиш А.Е., Ильина О.А. - Техника и технология хранения зерна – Москва, ДеЛи Принт, 2009– С. 38.
3. Распоряжение Правительства РФ от 10 августа 2019 года N 1796-р «Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года»

Кузьмин А.В.

Технология трёхзвенной уборки с бункерами-перегрузчиками

*Поволжский государственный технологический университет
(Россия, Йошкар-Ола)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-721

Аннотация

Трёхзвенная уборка с применением бункеров-перегрузчиков - основной вид уборочной системы в аграрно развитых странах. При включении бункера-перегрузчика в процесс уборки урожая - уборка осуществляется тремя рабочими звеньями: комбайнами, бункерами-перегрузчиками и автотранспортом. Трёхзвенный подход с применением бункера-перегрузчика используется не только для уборки урожая, но и для посева сельхозкультур.

Ключевые слова: технология трехзвенной уборки, комбайн, бункер-перегрузчик, грузовой транспорт, производительность.

Abstract

Three-stage cleaning with the use of reloading bunkers is the main type of harvesting system in the agro-developed countries. When the hopper-loader is included in the harvesting process, harvesting is carried out by three working links: combines, hopper-transporters and motor vehicles. A three-link approach using a hopper loader is used not only for harvesting, but also for sowing crops.

Keywords: three-stage harvesting technology, combine harvester, hopper loader, cargo transport, productivity.

Технология трёхзвенной уборки зерновых культур с использованием бункеров-перегрузчиков предполагает использование нескольких этапов для сбора, транспортировки и хранения урожая. Вот основные этапы этой технологии:

Уборка урожая: На первом этапе комбайны собирают зерно с полей и перевозят его на бункер-перегрузчик, который находится на краю поля.

Перегрузка зерна: Второй этап заключается в том, что зерно перегружается из комбайнов в бункер-перегрузчик. Бункер обеспечивает временное хранение зерна до тех пор, пока не будет завершена уборка всего поля.

Транспортировка зерна: После того, как все зерно собрано с поля, бункер-перегрузчик транспортирует его на элеватор или зернохранилище. Бункер может быть загружен на прицеп трактора или грузовика и транспортирован к месту хранения.

Хранение зерна: На последнем этапе зерно хранится в элеваторе или зернохранилище до тех пор, пока оно не будет продано или использовано. Элеваторы и зернохранилища обеспечивают оптимальные условия для хранения зерна, такие как контроль температуры и влажности.

Уборка зерна — процесс, обусловленный конкретными сроками. Их растягивание чревато как биологическими потерями урожая, так и уроном качеству зерна. К тому же возрастает риск бурного роста сорняков и «подгона», что существенно снижает производительность уборки, увеличивает затраты и приводит к еще большим потерям.

Ускорение производительности комбайнов с помощью бункера — один из рациональных путей сокращения уборочной страды и снижения этих рисков. Технология несложная. Первый шаг — подбор бункера. Тут важно не ошибиться, выбрать «по размеру», как одежду. Нужно учитывать особенности своего комбайно-тракторного парка, а также характеристики убираемых полей, средней урожайности, требования к давлению на почву и т. д. К примеру, действуя из благих побуждений — уменьшение количества покупаемой техники, задействование мощного трактора и сокращение персонала (трактористов) — инженер может поспешить и заказать вместо двух средних бункеров один «самый большой», в который имеющиеся комбайны не дотянутся для выгрузки.

Также важно знать, что каждая модель бункера предполагает работу с трактором определенной мощности: чем больше зерна перевозит бункер, тем большее тяговое усилие ему потребуется. Поэтому нужно соотнести имеющиеся в хозяйстве тракторы с рассматриваемыми к приобретению машинами. Это исключит необходимость приобретения специального трактора под бункер-перегрузчик.

Следующий пункт — вместимость. Бункер подбирается так, чтобы его объемкратно соответствовал объему зерновых бункеров комбайнов. Тогда, работая в связке, уборочная техника обеспечит максимальный технологический эффект.

При включении бункера-перегрузчика в процесс уборки урожая - уборка осуществляется тремя рабочими звеньями: комбайнами, бункерами-перегрузчиками и автотранспортом. С применением бункера-перегрузчика производительность комбайнов возрастает в среднем на 30%. [1]

Трехзвенный подход к посевной и уборке – это метод, который используется в сельском хозяйстве для увеличения производительности и оптимизации использования ресурсов техники. И без использования бункера-перегрузчика тут не обойтись.

В схеме взаимодействия участвуют три основных звена:

Уборочный комбайн,

Бункер-перегрузчик,

Грузовой транспорт для перевозки зерна, семян или иных сыпучих продуктов.

Рассмотрим трехзвенный подход по отдельности на примерах уборки и сева. Один из ключевых элементов технологии трехзвенной уборки – это бункер-накопитель. С его помощью можно перегружать в бункер зерно прямо с работающего в поле уборочного комбайна и доставлять к зерновозу, ожидающему на краю обрабатываемого поля. При этом комбайн продолжает работать без остановок.[2]

Подобное использование перегрузчика существенно ускорит процесс, что позволит уместиться в агросроки уборки и снизить потери урожая. Использование перегрузчиков также дает возможность оптимизировать рабочее время и ресурсы, так как сокращает время на перегрузку и повышает эффективность работы транспорта.

Чтобы максимизировать вашу выгоду от применения трехзвенной технологии уборки с использованием перегрузчиков, бункер рекомендуется подбирать таким образом, чтобы его объем был кратен суммарному объему бункеров нескольких уборочных комбайнов.

Аналогичное условие применимо и для грузового автотранспорта. Например, зерновозы должны совпадать с бункером-перегрузчиком по грузоподъемности. Что позволит целиком заполнить зерновоз уже при однократной выгрузке из перегрузчика.

При таком подходе можно заполнить зерновоз в 25 или 32 тонны в среднем за 4 минуты. И без простоев в ожидании полной загрузки. А комбайн в это время продолжит работу в поле.

Трехзвенный подход с применением бункера-перегрузчика используется не только для уборки урожая, но и для посева сельхозкультур. Это позволяет оптимизировать процесс посева, снизить затраты на трудовые ресурсы и повысить производительность.

Как и в случае с трехзвенной технологией уборки, при севе бункер-перегрузчик также играет роль буферной зоны между посевной и грузовой техникой, исключая простои. В ночной сев применение бункера позволяет уменьшить количество персонала на поле.

Схема трехзвенной посевной при этом выглядит следующим образом[3]:

Грузовой транспорт подвозит к полю посевной материал с основного склада. Из грузовика семена за считанные минуты загружаются в бункер-перегрузчик, после чего грузовик вновь свободен и может делать следующую “ходку” за посевной продукцией на склад или использоваться для иных целей по вашему усмотрению. Тем временем сеялки продолжают работать с загруженным в них ранее посевным материалом. А перегрузчик уже спешит по полю к вашим сеялкам, чтобы загрузить новую порцию семян в их собственные бункеры.

При соблюдении определенных условий бункер-перегрузчик-накопитель для зерна и зерновых, бобовых и масличных культур способен заменить 1 комбайн, если использовать его в связке с 2-мя комбайнами.

1. Как ещё можно использовать бункер-перегрузчик? — Режим доступа: <https://www.bonum-trailer.ru/blog/drugoe/kak-eshchye-mozhno-ispolzovat-bunker-peregruzchik/?ysclid=lpal1ytfz8m507137880>. (дата обращения 22.11.2023).
2. Преимущества трехзвенной уборки с бункером-перегрузчиком — Режим доступа: <https://agropost.ru/selhoztehnika/selskohozyaystvennaya-tehnika/preimushestva-trehzvennoy-uborki-s-bunkerom.html?ysclid=lp8plf0raz307950043>. (дата обращения 22.11.2023).
3. Трехзвенный подход: советы по эксплуатации бункеров-перегрузчиков зерна — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/26533-trekhzvennyy-podkhod/>. (дата обращения 22.11.2023).

Ледяев К.А.

Системы сброса и ликвидации вредных газов и нефтепродуктов

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-722

Аннотация

Данная статья посвящена важной проблеме безопасности и охраны окружающей среды в промышленности и нефтегазовой отрасли - созданию и применению систем сброса и ликвидации взрывоопасных, токсичных газов и нефтепродуктов. Статья подробно рассматривает современные методы и технологии, используемые для предотвращения и устранения утечек, а также для защиты производственного оборудования, персонала и окружающей среды.

Ключевые слова: Нефтегазовые скважины, ликвидация, токсичные газы, нефтепродукты, взрывоопасность, давление.

Abstract

This article is devoted to an important problem of safety and environmental protection in industry and the oil and gas industry - the creation and application of systems for the discharge and elimination of explosive, toxic gases and petroleum products. The article examines in detail modern methods and technologies used to prevent and eliminate leaks, as well as to protect production equipment, personnel and the environment.

Keywords: oil and gas wells, liquidation, toxic gases, petroleum products, explosion hazard, pressure.

В случае утечек взрывоопасных и токсичных газов или нефтепродуктов, последствия могут быть катастрофическими как для человека, так и для окружающей среды. Для предотвращения и устранения таких ситуаций разрабатываются и применяются разнообразные системы сброса и ликвидации, которые играют решающую роль в обеспечении безопасности и устойчивости промышленных предприятий. [1]

Взрывоопасные газы представляют собой серьезную угрозу для промышленных объектов и окружающей среды. Системы сброса и ликвидации таких газов разрабатываются с учетом специфики производственного процесса и типов газов, используемых на предприятии. Основными методами для сброса и ликвидации взрывоопасных газов являются:

- + Один из наиболее распространенных методов сброса взрывоопасных газов - это их сжигание в специальных факельных системах. Этот метод может быть эффективным способом ликвидации таких газов, предотвращая их накопление и взрывоопасные ситуации.
- + Для некоторых токсичных газов существуют методы обезвреживания, которые позволяют превратить опасные вещества в более безопасные продукты. Это может быть химическое преобразование или физическое обработка.
- + Для предотвращения выброса взрывоопасных газов в окружающую среду, на промышленных объектах устанавливаются системы мониторинга, детекции и аварийного отключения оборудования.

Утечки нефтепродуктов, будь то на суше или в море, могут вызвать серьезные экологические катастрофы и нанести значительный ущерб окружающей среде. Для предотвращения и ликвидации таких ситуаций существуют различные системы и методы:

- + Специальные сорбенты и барьеры используются для впитывания и ограничения распространения нефтепродуктов. Эффективность сорбционных материалов зависит от их состава и характеристик.
- + Эффективным методом ликвидации нефтепродуктов является их сбор с помощью плавучих барьеров и далее перекачка в специальные контейнеры. Это позволяет минимизировать зону загрязнения.
- + Для очистки нефтепродуктов и нефтяных загрязнений в воде применяются биологические методы с использованием микроорганизмов, способных разлагать углеводороды.
- + Некоторые нефтепродукты могут быть обработаны химическими реагентами для их разрушения или обезвреживания.

Системы сброса и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов, а также нефтепродуктов, играют ключевую роль в обеспечении безопасности и охране окружающей среды в промышленности и нефтегазовой отрасли. Развитие и применение эффективных методов и технологий в этой области является важной задачей для снижения рисков и минимизации воздействия на окружающую среду. Ответственное отношение к системам сброса и ликвидации является обязанностью не только предприятий, но и всего общества в целом, чтобы обеспечить безопасное и устойчивое будущее.

В последние десятилетия инженеры и ученые разработали разнообразные инновационные решения, чтобы справляться с этими вызовами. Вот некоторые из современных устройств и технологий:

- + Противовзрывные панели: Эти панели устанавливаются в стенах или крыше зданий и сооружений, чтобы предотвратить разрушение в результате взрыва внутри помещения. Они допускают сброс избыточного давления и могут смягчить последствия взрывов.
- + Разрывные мембраны: Эти устройства используются для контроля и сброса давления в сосудах, работающих под давлением. Они предотвращают аварийное увеличение давления, что может быть особенно важно на химических заводах и в нефтегазовой промышленности.
- + Системы сброса газа при продувке аппаратов: Эти системы используются для безопасной ликвидации газов, которые могут образовываться при процессах продувки аппаратов и резервуаров. Они обеспечивают безопасное удаление газов в окружающую среду.
- + Огнепреграждающие элементы: Эти устройства, как описано в предыдущей статье, используются для предотвращения распространения пламени и огненных языков. Они могут быть установлены в трубопроводах и на других опасных объектах.

Одним из способов решения данной задачи является внедрение предохранительных устройств в конструкции зданий и сооружений, таких как противовзрывные панели. Для предотвращения взрывов технологического оборудования также применяются разрывные мембраны и устройства сброса давления. Эти меры направлены на снижение уровня взрывного давления в сосудах, работающих под давлением, а также внутри производственных помещений. [2]

С целью повышения эффективности защиты технологического оборудования и зданий от взрывов, необходимо сосредотачивать усилия на улучшении быстродействия и надежности срабатывания системы. Важным аспектом этой задачи является повышение эффективности подавления пламени при возгораниях с использованием огнепреграждающих элементов.

Система сброса и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов (см. рисунок 1) включает в себя магистральный газопровод, который соединен с блоком поступления опасных газов. Этот блок включает в себя несколько агрегатов, включая предохранительный клапан, устройство для сброса газа при продувке аппаратов, и устройство для сброса газа из технологических установок. Другой конец магистрального газопровода связан с факельной трубой. Газ поступает в газгольдеры, соединенные с компрессорами через систему автоматического управления. Через сепараторы происходит отделение конденсата, а затем

конденсат подается в топливную сеть через компрессоры. Этот газ передается на факельную трубу через огнепреграждающий элемент.

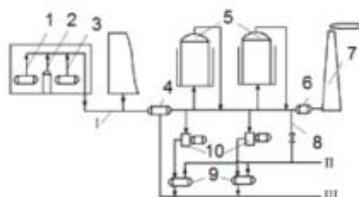


Рис.1 Принципиальная схема системы сброса и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов.

Рисунок 1.

Огнепреграждающий элемент, который представлен на рисунке 2, состоит из корпуса, включающего две симметричные половинки, соединенные шпильками. Фланцы имеют монтажные отверстия и крепежные элементы для надежной фиксации. [1]

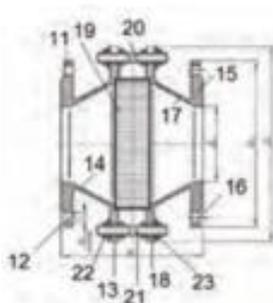


Рис.2 Общий вид огнепреградителя

Рисунок 2.

На резервуарах с горючими жидкостями также часто устанавливают кассетные огнепреградители параллельно с дыхательными и предохранительными клапанами. Эти меры обеспечивают дополнительный уровень защиты от потенциальных опасностей.

Таким образом, создание и применение эффективных средств взрывозащиты и систем сброса и ликвидации является критической задачей, направленной на обеспечение безопасности и надежности производственных объектов и окружающей среды.

Подобные технические решения и системы сброса и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов, а также нефтепродуктов, играют важную роль в промышленности и нефтегазовой отрасли, а также в других сферах, где возможны подобные риски.

Важно отметить, что развитие и внедрение подобных систем требует высокой степени проектирования, инженерных решений, исследований и инноваций. Системы взрывозащиты и ликвидации не должны только предупреждать от катастроф, но и быть эффективными и надежными, чтобы минимизировать потенциальные ущербы для человека и окружающей среды.

Важной целью является также экологический аспект. Эффективная ликвидация утечек нефтепродуктов и химически опасных веществ способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и природные ресурсы. Это важно не только с точки зрения соблюдения законодательства и нормативных требований, но и с позиции социальной ответственности и устойчивости предприятий. [3]

В заключение, системы сброса и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов, а также нефтепродуктов, остаются критически важными компонентами в современной промышленности и энергетике. Их разработка, внедрение и постоянное совершенствование

имеют первостепенное значение для обеспечения безопасности и сохранения окружающей среды. Необходимо продолжать инвестировать в исследования и разработки, а также в обучение и обеспечение соответствия стандартам, чтобы минимизировать риски и обеспечить устойчивое будущее для всех.

1. Молчанов А. Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа; Альянс - Москва, 2019. - 588 с.
2. Подвинцев И. Б. Нефтепереработка. Практический вводный курс; Интеллект - Москва, 2020. - 120 с.
3. М. В. Симонов, Д. С. Перец, В. С. Котежеков. Применение интеллектуальных алгоритмов анализа данных для решения прикладных задач нефтяного инжиниринга / ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. — 2018—№ 4(10). — С. 48–51

Мотигуллин Т.А., Борисова О.В.

Автоматизация системы управления котлами

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-723

Аннотация

В статье рассмотрена автоматизация системы управления котлами. Описан принцип построения системы управления котлами. Рассмотрен контроллер для автоматического управления котельной «КТР-121.220.02.41» и выявлены его преимущества. Актуальность работы заключается в обеспечении более эффективной и безопасной работы котлов, снижению энергозатрат и вредного воздействия на окружающую среду с помощью автоматизации данной системы.

Ключевые слова: автоматизация, котёл, эффективность, контроллер, датчики, мониторинг, система.

Abstract

The article discusses the automation of the boiler control system. The principle of building a boiler control system is described. The controller for automatic control of the boiler house «КТР-121.220.02.41» is considered and its advantages are revealed. The relevance of the work is to ensure more efficient and safe operation of boilers, reduce energy consumption and harmful effects on the environment by automating this system.

Keywords: automation, boiler, efficiency, controller, sensors, monitoring, system.

Автоматизация системы управления котлами является важной задачей в современных технологических процессах. Котлы являются основным источником тепла во многих отраслях промышленности, а также используются для обогрева и горячего водоснабжения в домашних условиях.

Автоматизация системы управления котлами позволяет оптимизировать и повысить эффективность работы котельных установок [1]. Это достигается за счёт использования специальных автоматических устройств, датчиков и контроллеров, которые контролируют и регулируют параметры работы котлов.

Одной из основных задач автоматизации является поддержание заданного уровня температуры в системе отопления или горячего водоснабжения [2]. Для этого используются термодатчики, которые измеряют температуру, и контроллеры, которые сравнивают измеренное значение с установленным и выполняют необходимые корректировки.

Также автоматизация системы управления котлами позволяет следить за другими параметрами работы котельной, такими как давление, расход топлива, вентиляция и др. Это позволяет обеспечить безопасную и эффективную работу котельной, а также предотвратить возможные аварийные ситуации [3].

Автоматизация системы управления котлами включает в себя несколько основных компонентов:

1. Датчики;
2. Контроллеры;
4. Приводы и исполнительные механизмы;
5. Система управления и мониторинга;
6. Коммуникационные сети.

Все эти компоненты вместе обеспечивают автоматизированное управление котлами, позволяя регулировать параметры работы, контролировать безопасность и эффективность, а также снижать энергозатраты и вредные выбросы.

Основной принцип работы такой системы заключается в контроле и регулировке параметров работы котлов с использованием современных технологий.

Первым шагом в автоматизированной системе управления котлами является установка датчиков, которые измеряют различные параметры работы котла. Датчики передают полученные данные контроллерам, которые осуществляют их обработку и анализ. В автоматизированной системе управления котлами используются различные датчики, которые измеряют различные параметры работы котла. Вот некоторые из наиболее распространённых датчиков, используемых в таких системах:

- 1) Датчик температуры.
- 2) Датчик давления.
- 3) Датчик расхода топлива.
- 4) Датчик уровня топлива.
- 5) Датчик уровня воды.
- 6) Датчик качества воздуха
- 7) Датчик дымовых газов.

Это только некоторые из типовых датчиков, которые могут быть использованы в системе управления котлами. Конкретный набор датчиков будет зависеть от типа котла, его характеристик и требований к системе управления.

Второй шаг выбор и установка контроллера или группы контроллеров. Контроллеры являются центральными устройствами системы управления котлами. Они получают данные от датчиков и, исходя из настроенных алгоритмов и правил, выполняют необходимые действия и регулирование. Контроллеры могут управлять работой различных исполнительных механизмов, таких как насосы, клапаны и другие устройства, которые влияют на работу котла [4].

Следующим шагом в системе управления котлами является система управления и мониторинга. Это программное обеспечение, которое позволяет оператору контролировать работу системы, анализировать полученные данные, настраивать параметры работы и мониторить безопасность и эффективность работы котла. Система управления и мониторинга может быть установлена на компьютере оператора или быть доступной через удалённый доступ.

Коммуникационные сети играют ключевую роль в системе управления котлами. Они обеспечивают передачу данных между датчиками, контроллерами и системой управления и мониторинга. Коммуникационные сети могут быть проводными или беспроводными, и они позволяют оператору удалённо контролировать и управлять системой, а также получать уведомления о возможных аварийных ситуациях или неисправностях.

Для автоматизированной системы управления котлами необходимо правильно подобрать контроллер и другие компоненты системы. Так у компании «Овен» имеется контроллер для автоматического управления котельной – КТР-121.220.02.41, изображённый на рисунке 1.



Рисунок 1. КТР-121.220.02.41.

Контроллеры серии КТР-121 имеют готовые алгоритмы для автоматизации котельной и подходит для установки в блочно-модульных, стационарных, крышных водогрейных котельных, а также котельных с котлами наружного размещения и котельных с пристроенным ИТП. Модель контроллера КТР-121.220.02.41 является каскадным регулятором на 4 котла с насосами и индивидуальным котловым управлением.

КТР-121.220.02.41 имеет 8 встроенных дискретных входов, 8 дискретных выходов и 4 аналоговых входа. Как можно заметить аналоговых выходов вовсе не имеется, поэтому необходимо устанавливать дополнительный модуль расширения ПРМ-3. В случае необходимости расширения дискретных входов и выходов можно воспользоваться модулем расширения ПРМ-1. Но необходимо помнить, что модули расширения должны быть того же номинала, что и основной контроллер, в данном случае 220 В.

Благодаря установке данного контроллера и применению дополнительных модулей расширения имеется возможность полноценной автоматизации системы управления котлами, так можно подключить аналоговые датчики и другие устройства. Также в случае необходимости управления большими системами, в которой находится большое количество котлов, можно использовать другие контроллеры серии КТР-121 и связать их между собой по линии интерфейса RS485.

Основными преимуществами контроллеров серии КТР-121 является их универсальность, безопасность, простота установки и эксплуатации, а также экономичность.

Автоматизированная система управления котлами обеспечивает более эффективную и безопасную работу котлов, а также способствует снижению энергозатрат и вредного воздействия на окружающую среду. Она обеспечивает оператору максимальный контроль и возможность быстро реагировать на изменения и проблемы, связанные с работой котла [5].

Все это делает автоматизацию системы управления котлами актуальной и востребованной задачей в различных отраслях промышленности и бытовых условиях. Она способствует повышению эффективности работы котельных установок, снижению энергозатрат и охране окружающей среды.

1. Сидельский Л.Н., Юрнев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий // Энергоатомиздат. М., 1988. С. 528.
2. Брюханов О.Н. Газифицированные котельные агрегаты. // ИНФРА-М. М., 2005. С. 392.
3. Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. // НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Ижевск, 2003. С. 592.
4. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования // СОЛОН-Пресс. М., 2004. С. 256.
5. Резников М.И., Липов Ю.М. Котельные установки электростанций. // Энергоатомиздат. М., 1987. С. 283.

Попов Ю.В.¹, Диогенов Е.С.²

Авиационные происшествия повышенного риска

¹Научно-исследовательский центр (г. Люберцы) ЦНИИ

²ПАО «Аэрофлот»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-724

Аннотация

В статье проведен анализ статических данных по авиационным происшествиям. Проблема обеспечения безопасности полетов была и остается главной проблемой авиации. Авиационная транспортная система постоянно находится в состоянии риска. Приведен временной ряд количества катастроф на 100 тыс. часов налета за период 1958 – 2022 гг. для СССР и стран СНГ. В статье отработаны мероприятия для решения проблемы безопасности полетов. Проведенный анализ установил три категории повышенного риска: заход на посадку, столкновение исправного ВС с землей, потеря управления в полете. В статье приведены статистические данные по трем этим категориям, показана их доля от общего числа авиационных происшествий. Анализ статистических данных показал, что заход на посадку является очень опасным этапом полета.

Ключевые слова: безопасность полетов, воздушное судно, авиационное происшествие, экипаж, этап полета временной ряд, спектральный анализ, периодограмма, заход на посадку.

Abstract

In article the analysis of static data on aviation incidents is carried out. The problem of safety of flights was and remains the main problem of aircraft. The aviation transport system constantly is in a condition of risk. A time number of number of accidents on 100 thousand hours of a raid during 1958 - 2022 for the USSR and the CIS countries is given. In article actions for a solution of the problem of safety of flights are fulfilled. The carried-out analysis established three categories of the increased risk: landing approach, collision of serviceable VS with the earth, loss of management in you weed. Statistical data on three of these categories are provided in article, their share from the total number of aviation incidents is shown. The analysis of statistical data showed that landing approach is very dangerous stage of flight.

Keywords: safety of flights, aircraft, aviation incident, crew, flight stage time row, spectral analysis, periodograms, landing approach.

Введение

Одной из важнейших народно-хозяйственных задач и главнейшей проблемой гражданской авиации (ГА), является безопасность полетов (БП). БП – комплексная характеристика авиационно–транспортной системы (АТС). Обеспечение БП гражданских воздушных судов (ВС) – это сложная проблема, решение которой достигается разработкой и совершенствованием стандартов и авиационных правил. БП зависит от применения достижений авиационной эргономики, обеспечения усталостной прочности и реализация принципа безопасной повреждаемости конструкций, применения активных систем управления, повышения надежности и улучшения контролепригодности систем ВС и др.

Выполнение полетов организуется АТС. АТС является сложной нелинейной открытой диссипативной системой, находящейся в состоянии риска [1]. БП определяется надежностью функционирования всех элементов, входящих в АТС. Элемент системы «экипаж – воздушное судно» (ЭВС) является основным, так как обеспечивает основную задачу по использованию ВС по назначению.

Показатели безопасности полетов

Уровень безопасности полетов (БП) оценивается определенными показателями (индикаторами), которые могут быть абсолютными или относительными [2]. Показатели характеризуют изменение состояния БП.

Абсолютные показатели являются первичной информацией о безопасности полетов. Они бывают индивидуальными и суммарными и являются количественной базой всех форм учета. Относительные показатели являются более универсальными, в которых число неблагоприятных событий с ВС соотносится с определенным объемом выполненных ВС полезной работы (налетом, числом перевезенных пассажиров, грузов и т.п.). Значения ежегодных относительных показателей помогают обнаружить тенденции состояния БП.

На рисунке 1 представлены изменения относительного показателя – количества авиационных происшествий (АП) на 100 тыс. часов налета (КАП) по парку ВС за период 1958–2022 гг. для СССР и стран СНГ.

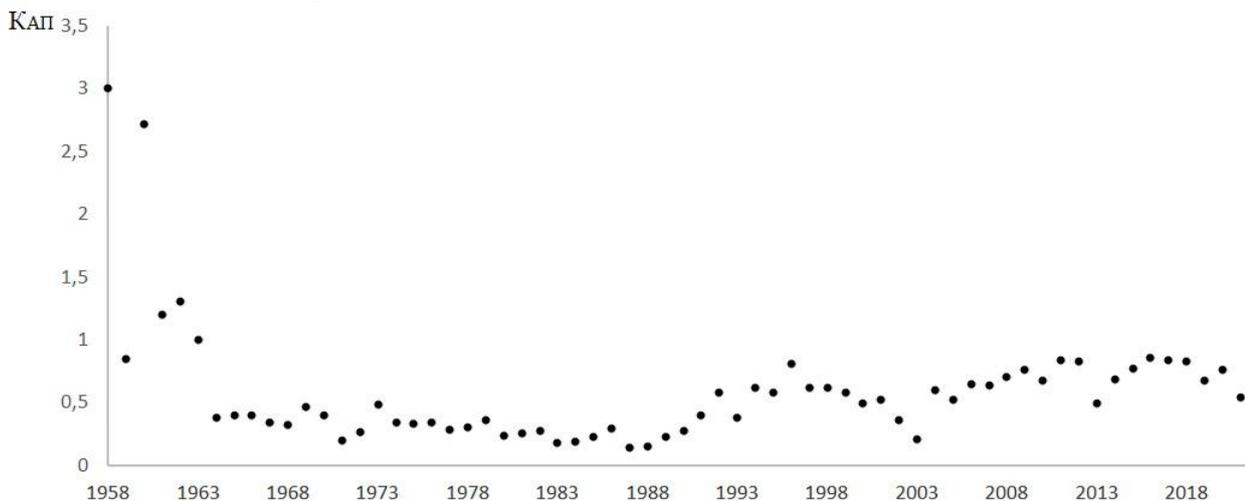


Рисунок 1. Количество авиационных происшествий на 100 тыс. часов налета.

Показатели БП, используемые членами Международной организации гражданской авиации (ИКАО; International Civil Aviation Organization, ICAO) свидетельствуют об общей тенденции изменения уровня безопасности, но не отражают специфических условий эксплуатации и особенностей конструкции различных типов ВС [3, 4]. Анализ уровня безопасности по типам ВС показывает, что наработка на одну катастрофу лежит в пределах от 150 000 до 1 000 000 часов налета.

В работе [5] с помощью спектрального анализа была изучена динамика изменения количества АП на 100 тыс. часов налета (рис. 1). Спектральный анализ временного ряда количество АП на 100 тыс. часов показал, что в странах СНГ возникли проблемы с БП и авиация развивается хаотично. Поэтому для повышения уровня БП требуются проводить мероприятия, предотвращающие АП [6]. Для выработки мероприятий направленных на предотвращающие АП необходимо определить краткосрочные и долгосрочные проблемы и вопросы по безопасности. С этой целью необходимо:

- провести анализ текущих проблем и тенденций по расследованию АП;
- изучить базу данных по катастрофам и инцидентам;
- определить этапы полета, которые подвергнуты наибольшим фактическим или потенциальным потерям;
- исследовать программы по безопасности, которые не помогли выполнить намеченные цели;
- установить вопросы и проблемы, которые неправильно рассматривались любым другим органом по БП.

В статье [7] рассмотрены системы расследования АП в гражданской, государственной и экспериментальной авиации и в результате анализа определены текущие проблемы и рассмотрены тенденции развития. В документе ИКАО Глобальный план обеспечения безопасности полетов отражено, что основным направлением деятельности по повышению уровня безопасности полетов является совершенствование расследования АП [7].

Категории авиационного происшествия повышенного риска

ИКАО определила три категории АП повышенного риска: заход на посадку, столкновение исправного ВС с землей, потеря управления в полете. Эти категории были определены на основе анализа статистических данных об АП по регулярным коммерческим авиаперевозкам за период с 2017 по 2019 год. Информация, полученная от региональных групп по обеспечению БП со всего мира. Остальные случаи АП относятся к категории прочие.

Первая категория АП, связанных с безопасностью захода на посадку, была признана в качестве одной из основных категорий АП повышенного риска. События, связанные с безопасностью захода на посадку, включают следующие установленные ИКАО категории АП:

- ненормальный контакт с поверхностью ВПП;
- столкновение с птицами;
- столкновение на земле;
- выезд за пределы ВПП;
- несанкционированный выезд на ВПП;
- потерю управления на земле;
- столкновение с препятствиями;
- недолет (перелет) при посадке.

Вторая категория АП – столкновение исправного ВС с землей (СИВС - CFIT).

К третьей категории АП относится потеря управления в полете (ПУП – LOC-I)

СИВС и ПУП составляют небольшую долю АП, однако, как правило, заканчиваются смертельным исходом, и на них приходится значительная доля общего числа погибших.

На рисунке 2 приведены статистические данные по количеству АП по категориям в мире.

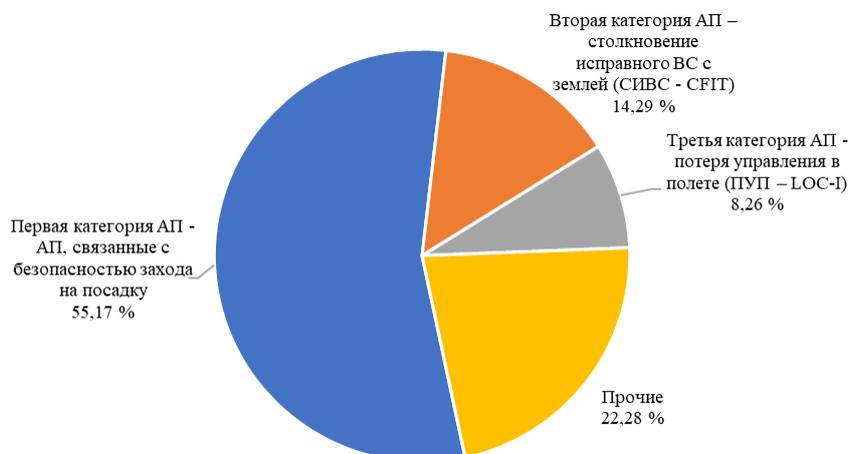


Рисунок 2. Количества АП по категориям в мире (%)

Анализ статистических данных показывает, что риск АП по трем категориям остается, несмотря на достигнутый прогресс в повышении уровня БП. По каждой из трех категорий данные показывают, какую процентную долю от общего числа АП составляет каждая категория. Они также показывают, какую долю составляет каждая категория в общем числе АП со смертельным исходом и погибших во всем мире. Анализ свидетельствует о следующем:

- на эти три категории повышенного риска приходится 77,72 % всех погибших во всем мире;
- более половины АП во всем мире относят к событиям, связанным с заходом на посадку. Высокий процент АП (55,17 %) говорит о том, что заход на посадку является очень опасным этапом полета;

Для определения наиболее опасных этапов полета в странах СНГ, проведем статистический анализ АП по материалам расследования за 25-летний период (1997–2022 гг.).

Этап полета – это характерный участок, который отличается или определенным состоянием ВС, или выполняемым режимом, или решаемой на участке промежуточной задачей. Основными этапами полета являются: взлет, начальный этап набора высоты, набор высоты, полет по маршруту, снижение, начальный этап захода на посадку, конечный этап захода на посадку, посадка.

Схема полета – последовательность операций, обеспечивающих выполнение задачи полета, т. е. укрупненный план полета. Часто выделяют участки траектории полета, как последовательность динамических операций, формирующих необходимый план полета.

Анализ статистических данных о АП за 25-летний период свидетельствует об определенных закономерностях в их проявлении. Около 80 % всех АП имело место на этапах взлета и захода на посадку (рисунок 3).

Каждый этап полета характеризуется временем, которое необходимо затратить на его выполнение. С целью выявления влияния этапов полета на АП в работе [9] для 90 минутного полета, совершенного ночью, были определены и стандартизованы продолжительность времени на выполнения этапов. На рисунке 4 приведены данные по времени (в процентах), которое необходимо затратить на выполнение этапов полета.

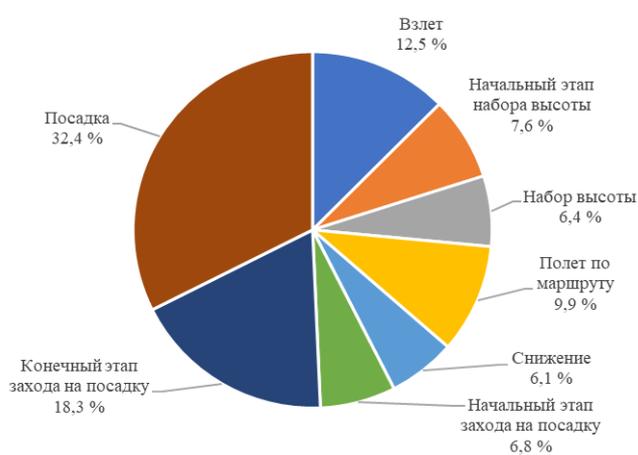


Рисунок 3. АП по этапам полета в СНГ ГА (%)

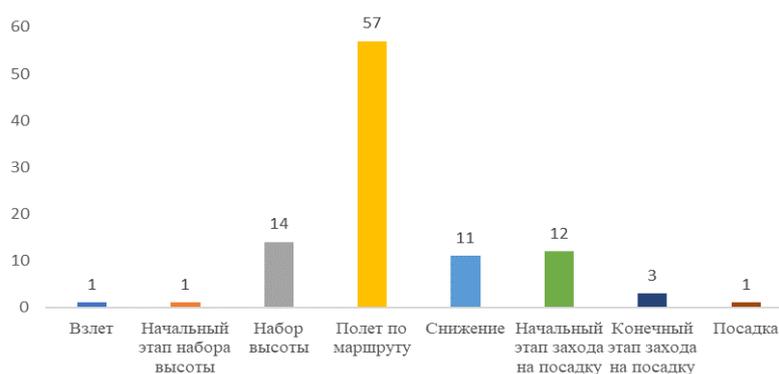


Рисунок 4.

Статистические данные показывают, что АП, связанные с заходом на посадку являются основной категорией происшествий [10]. Большое количество АП на этапе захода на посадку обусловлено малыми скоростями полета ВС и его быстротечностью. Действия экипажа на каждом этапе полета изложены в РЛЭ данного типа ВС (по каждому члену экипажа).

Эти данные по этапам полета учитывают все АП, которые произошли из-за отказов авиационной техники (АТ), недостатков технического обслуживания, управления полетами и ошибок экипажа. Однако, статические данные по АП в ГА подтверждает тот факт, что большая часть из них прямым или косвенным образом связана с «человеческим фактором».

Выводы

1. Безопасность полетов оценивается с помощью абсолютных и относительных показателей. Относительные показатели являются более универсальными, т.к. в них число неблагоприятных событий с ВС соотносится с определенным объемом выполненных ВС полезной работы.
2. АП делятся на три категории повышенного риска – это заход на посадку, столкновение исправного ВС с землей, потеря управления в полете. Эти категории были определены на основе анализа статистических данных об АП.
3. Статистические данные показывают, что АП, связанные с заходом на посадку являются основной категорией происшествий. Большое количество АП на этапе захода на посадку обусловлено малыми скоростями полета ВС и его быстротечностью.

1. Попов Ю.В. Расследование авиационных происшествий – безопасность полетов в исторической ретроспективе // Проблемы безопасности полетов. 2012. № 1. С. 4–22.
2. Попов Ю.В. Показатели безопасности авиационных полетов // Интернет-журнал Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 6 (58). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/10-06-14.ttb.pdf>.
4. Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета. Концепция и технология. М.: Машиностроение, 2003. 144 с.
5. Королькова М.А. Мировая система воздушного транспорта. СПб.: Политехника, 2019. 407с.
6. Попов Ю.В., Авдеев Н.Н. Анализ временного ряда количества катастроф для авиационной транспортной системы // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2020. № 31. С. 130–139.
7. Бугаев Б.П. Предотвращение авиационных происшествий. М.: Транспорт, 1982. 56 с.
8. Попов Ю.В. Система расследования авиационных происшествий // Проблемы безопасности полетов. 2020. № 7. С. 3–17.
9. Doc 10004. Глобальный план обеспечения безопасности полетов. Международная организация гражданской авиации. Издание второе, 2016. 122 с.
10. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 – 2014. Aviation Safety. Boeing Commercial Airplanes. August 2015. URL: www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf.
11. Пилоту о предотвращении грубых посадок/ В. М. Буряков, Г. С. Егоров, В. А. Еремин и др. М.: Транспорт, 1990. 47 с.

Постовой А.А.**Материалы для 3D-печати зданий**

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
ДГТУ в г. Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-725

*Научный руководитель: Меренкова Н.В.***Аннотация**

В статье представлены результаты анализа применяемых материалов в 3D-печати зданий, на основе полученных данных разработана классификация. Установлено, что каждый материал для 3D-печати должен соответствовать следующим критериям: экструдированность, адгезия, размеры заполнителя, плотность и подвижность, скорость схватывания.

Ключевые слова: материалы, компоненты, строительство, 3D-печать, аддитивные технологии.

Abstract

The article presents the results of the analysis of materials used in 3D printing of buildings, based on the data obtained, a classification has been developed. It is established that each material for 3D printing must meet the following criteria: extrudability, adhesion, filler size, density and mobility, setting speed.

Keywords: materials, components, construction, 3D printing, additive technologies.

В современном мире технологии развиваются с невероятной скоростью, и одним из самых перспективных и инновационных направлений является 3D-печать зданий. Данная технология позволяет возводить прочные, функциональные и экологически чистые здания и конструкции с минимальными затратами времени и ресурсов. Материалы играют ключевую роль в этом процессе, определяя свойства и характеристики будущих зданий и сооружений, а также возможность их применения.

В связи с этим, целью работы является анализ материалов и компонентов применяемых в печати зданий 3D-принтерами и требований к ним. Представленные результаты, позволят оценить современное состояние разработанных материалов в области аддитивных технологий в строительстве и послужит основой для создания новых.

В целом количество применяемых компонентов и разработанных материалов может значительно отличаться от тех, которые представлены в данной работе, это связано с тем, что каждая компания разрабатывает индивидуальные смеси для 3D-печати зданий, и многой информации может не быть в открытом доступе. Разработка индивидуальных составов необходима по нескольким причинам:

1. Использование местных материалов – в зависимости от расположения компании предоставляющей услуги по 3D строительству зданий применение местных материалов способствует снижению стоимости строительства и уменьшению выбросов от транспортировки материалов издалека.
2. Уникальность разработки – создание принципиально новых материалов помогает компании выделиться на рынке и привлечь больше клиентов.
3. Конструкция принтера и параметры:
 - размер сопла определяет, предельный размер частиц раствора способного проходить через него;
 - температура сопла влияет на то, как быстро материал затвердевает и какие свойства он приобретает;
 - скорость печати влияет на свойства материала: медленная печать способствует равномерному распределению материала и более гладкой поверхности, в то время как более быстрая печать может привести к неравномерному распределению материала и ухудшению качества поверхности;
 - форма сопла влияет на конфигурацию материала при печати.
4. Тип материала, выбор которого зависит от требований к печатаемой конструкции и определенных типов зданий.

При этом каждая компания и специалист разрабатывающий новые материалы для 3D-печати должен ориентироваться на следующие главные критерии, которым должны соответствовать растворы:

- 1) Экструдированность – способность прокачивания смеси из сопла.
- 2) Адгезия – сцепление слоёв между собой при укладке их друг на друга.
- 3) Размер наполнителя – исключить превышение допустимых размеров зёрен наполнителя, с целью исключения закупорки сопла и поломки оборудования.
- 4) Густота и подвижность – смеси должны ложиться ровными слоями, а не растекаться, и при этом соответствовать экструдированности, высокая текучесть смеси иногда вызывает расслоение смеси, а повышенная жесткость способна отрицательно сказаться на межслоевом соединении.
- 5) Высокая скорость схватывания – необходима для сохранения формы, но при этом между слоями должна формироваться единая структура, а быстрое схватывание не должно закупоривать сопло принтера.

Сбор информации о применяемых материалах и компонентах в 3D-печати осуществлялся по нормативной документации, научным статьям, отчётам о выполнении научно-исследовательской работы.

В «ПНСТ 495-2020» приводится список ряда строительных смесей и растворов пригодных для 3D-печати зданий, но ими не ограничивается: мелкозернистый бетон и раствор на базе портландцементного, композиционного или геоплимерного вяжущего, глина, грунтобетоны, гипсы, смеси с фиброй и добавками.

На основе проведённого анализа различных источников (ввиду ограничения объёма в списке источников приведены некоторые из них) была сформирована классификация, отражающая применяемые и исследуемые компоненты в составах строительных смесей для 3D-печати.

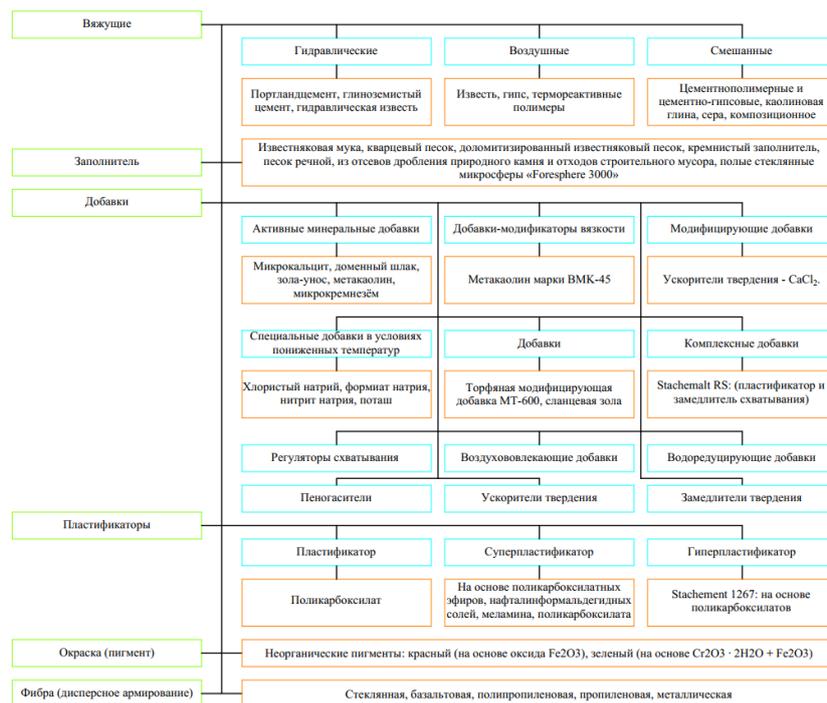


Рисунок 1. Классификация компонентов для смесей 3D-печати

Кроме компонентов, приведённых в классификации на рисунке 1, есть примеры использования следующих: тонкомолотый пуццолановый компонент, полифенилэтоксисилоксана, глина, смесь растительного масла, соломенная и рисовая шелуха, нанодисперсный порошок, отход мокрой магнитной сепарации.

К регуляторам схватывания относятся: поташ, сода, гашеная известь, гипс.

Также следует отметить следующие нюансы:

- В основном применяются заполнители с крупностью зёрен не более 20 мм, а зачастую и до 10 мм. Также применяется средний, мелкий полифракционный и монофракционный песок.
- В 3D-печати применяются следующие строительные материалы: раствор бетона, полистиролбетон, пескобетон, геоплимерный бетон, грунтобетон, мелкозернистый и сернистый бетон, также следует выделить примеры использования пластика и биоразлагаемого пластика на основе льна и др.
- Применение специальных добавок для применения в условиях пониженных температур зависит от остальных составляющих смеси.
 - Кремнистый наполнитель использовался с оптимизированным распределением частиц по размерам и максимальным размером частиц 1 мм.
 - Волокна фибры применялись длиной 6-12 мм, реже 18 мм, а также толщиной 12 мкм.

- В качестве активно минеральной добавки к цементам интерес представляют только гранулированные шлаки (шлаки быстрого охлаждения), так как обладают гидравлической активностью. Шлаки медленного охлаждения (шлаковые пески) ввиду отличной кристаллической структурой от гранулированных характеризуются значительно меньшей гидравлической активностью.
- Есть исследования по аппретированию и пропитке углеродного волокна, где было установлен наилучший вариант аппретирующей композиции – раствор олигомеров имидной природы. Результаты исследования помогут существенно расширить выбор композиционных материалов, пригодных к переработке методами аддитивных технологий.

На основе проделанной работы сделаны следующие выводы:

1. Разработка индивидуальных составов строительных смесей для 3D-печати обусловлена необходимостью использования местных материалов, уникальностью разработки, зависимостью от конструкции принтера, сопла и параметров, а также требуемого типа материалов в зависимости от печатаемого здания или конструкции.
2. Каждый материал для 3D-печати должен соответствовать следующим критериям: экструдированность, адгезия, размеры заполнителя, плотность и подвижность, скорость схватывания.
3. На основе проведенного анализа источников была разработана классификация, отражающая применяемые и исследуемые компоненты в составах строительных смесей для 3D-печати. К представленной классификации приведена дополнительная информация.

Подводя итоги проделанной работы можно отметить, что разработка новых материалов для 3D-печати с каждым годом будет только увеличиваться, и можно ожидать, что в будущем будут созданы еще более совершенные решения для данной области.

1. Шаманов, В. А. Анализ процессов и способов строительной 3D-печати / В. А. Шаманов, Е. В. Кобелева // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 80-ой Юбилейной всероссийской научно-технической конференции, Самара, 17–22 апреля 2023 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пишулева, А.К. Стрелкова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2023. – С. 775-785. – EDN NHIOKQ.
2. Шеина, Т. В. Роботизация технологии строительства - трехмерная печать зданий и сооружений / Т. В. Шеина, О. С. Маркелова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 79-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 18–22 апреля 2022 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пишулева, А.К. Стрелкова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 769-779. – EDN OPCVOB.
3. Титов, Г. А. Материалы для аддитивных технологий в строительстве / Г. А. Титов // Инженерные исследования. – 2022. – № 3(8). – С. 38-49. – EDN HJDPE.

Постовой А.А., Могилевская Г.И.

Экологическая эффективность применения отходов в пенобетоне

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
ДГТУ в г. Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-726

Аннотация

В статье приведены результаты выявления перспективного направления в области разработки состава пенобетона в качестве экологичного строительного материала, применяемого для жилого строительства. Представлены результаты экспериментальных

исследований в области применения отходов дробления щебня и микрокремнезёма в составах пенобетона.

Ключевые слова: экология, отходы производства, пенобетон, отсев щебня, микрокремнезём.

Abstract

The article presents the results of identifying a promising direction in the development of foam concrete composition as an environmentally friendly building material used for residential construction. The results of experimental studies in the field of the use of crushed stone and microsilicon crushing waste in foam concrete compositions are presented.

Keywords: ecology, production waste, foam concrete, crushed stone отсева, microsilica.

Актуальность темы представленной статьи, заключается в улучшение экологического состояния окружающей среды в таких направлениях строительной отрасли как аддитивные технологии и «зелёное строительство», популярность которых растет во всем мире с каждым годом. Это связано с тем, что в настоящее время необходимость в снижении загрязнения окружающей среды приобретает всё больший приоритет из-за множества факторов: глобальное потепление, изменение климата, истощение природных ресурсов, экономические издержки и т.д. Одним из возможных путей решения данных проблем является использование экологичных строительных материалов при возведении зданий и сооружений различного назначения в гражданском и промышленном строительстве. Данное направление является одним из наиболее перспективных по нескольким причинам:

1. Экологичность: снижение негативного воздействия на окружающую среду и сохранение природных ресурсов за счёт применения материалов, изготавливаемых из экологичных и возобновляемых источников.
2. Энергоэффективность: экономия энергии и снижение выбросов парниковых газов, положительно сказывается в борьбе с изменением климата.
4. Здоровье и комфорт: благоприятное воздействие на проживающих людей, улучшается качество воздуха и создаются более комфортные условия проживания.
5. Долговечность: значительная часть экологичных материалов обладают высокими показателями устойчивости к внешним воздействиям.
6. Местный экономический рост: использование местных экологичных материалов стимулирует развитие производства соответственно на местном уровне.

Следует отметить, что проблемой снижения вредного воздействия на окружающую среду в строительной отрасли активно занимаются такие учёные как доктор технических наук, профессор В.И. Теличенко, доктора техн. наук В.С. Боровков, А.А. Волков, В.В. Волшаник, А.Д. Потапов, Е.И. Пупырев и многие другие.

При этом строительная отрасль постоянно претерпевает изменения в области применяемых технологий, средств механизации и строительных материалов. Так с каждым годом увеличивается популярность использования аддитивных технологий, которые выводят строительную отрасль на новый уровень, но имеется важный нюанс, выраженный в жестких требованиях к применяемым составам при 3D-печати зданий. Одним из перспективных материалов пригодных для применения в данной области является пенобетон, который сочетает в себе относительно высокие показатели несущей способности, экологичности и экономичности. Материал не содержит вредных химических веществ, которые могли бы негативно влиять на здоровье человека, кроме этого, пенобетон обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, что позволяет снизить затраты на отопление и соответственно уменьшить объём выбросов парниковых газов, что является важным шагом в борьбе с климатическими изменениями.

В связи со сказанным выше целью данной работы является выявление перспективного направления в области разработки состава пенобетона в качестве экологичного строительного материала, применяемого в аддитивных технологиях для жилого строительства. Актуальность данной темы обусловлена прогрессивным развитием таких направлений как аддитивные технологии в области строительства и зелёное строительство, популярность которых с каждым годом увеличивается.

Экологичность пенобетона выражается следующими факторами:

1. Экологическая безопасность – материал производится с использованием натуральных компонентов не содержащих вредных веществ.
2. Снижение потребления энергии при производстве и в процессе эксплуатации здания – материал обладает высокими показателями теплоизоляции, что позволяет сократить затраты на отопление и соответственно снизить объём выбросов парниковых газов в атмосферу.
3. Утилизация – пенобетонные блоки могут быть переработаны и использованы для строительства новых зданий.
4. Использование отходов – производители могут добавлять в состав различные виды отходов, что выгодно с экономической и экологической стороны.
5. Звукоизоляция – пенобетон способствует снижению уровня шума в городах, за счёт поглощения звука.

По результатам анализа приведённых выше факторов было установлено, что наиболее перспективным направлением в настоящее время является использование отходов в составах пенобетона. Это связано с тем, что пенобетон продолжает с каждым годом развиваться и совершенствоваться, чтобы оставаться конкурентоспособным на рынке строительных материалов. С целью снижения себестоимости материала, производители активно применяют различные виды отходов производства, которые не только повышают характеристики пенобетона, но и снижают нагрузку на окружающую среду. Данное направление достаточно перспективно, так как вариаций подобных составов может быть великое множество, а использование отходов имеет ряд своих преимуществ: сокращение потребления природных ресурсов, уменьшение загрязнения отходами и улучшение характеристик материала.

В пенобетоне могут использоваться различные виды отходов: зола, которая образуется при сжигании угля или других видов топлива, применяется в качестве замены части цемента. Древесные отходы, такие как опилки и щепа, добавляются в смесь для создания ячеистой структуры и улучшают его теплоизоляционные свойства. Также используются металлургические шлаки, бетонный лом, микрокремнезём и т.д.

Эффективность использования отходов в составах пенобетона подтверждается и проведёнными исследованиями по результатам которых были сделаны следующие выводы:

1. Отходы дробления в виде отсева образующиеся при производстве щебня. Проведённые предварительные исследования позволили установить, что ведение пылеватой фракции отсева в состав пенобетона вместо некоторой части песка приводит к снижению подвижности смеси и усадки затвердевших образцов, но при этом увеличивается скорость набора прочности в начальный период твердения из-за угловатой формы частиц. Таким образом применение отходов производства щебня позволит не только улучшить характеристики материала, но и снизить нагрузку на экологию регионов.
2. Микрокремнезём – представляет собой мелкий порошок, получаемый в результате процессов промышленного производства, таких как выплавка железа, стали, или сжигание угля. Приводит к снижению водопоглощения, плотности и соответственно к увеличению прочности материала. Следует отметить, что для сохранения подвижности смеси, требуется увеличивать количество воды, что снижает эффективность применения микрокремнезёма.
3. Отсев дробления песчаника и доломита, гидроксид железа. Данные модификаторы положительных результатов на данный момент не дали, так как

их применение приводит к увеличению водопотребности смеси и соответственно к снижению плотности и прочности.

Приведённые выше исследования были выполнены на кафедре «Строительство и техносферная безопасность», полученные результаты послужат отличным ориентиром при проведении новых исследований в области разработки состава пенобетона для применения в аддитивных технологиях.

В заключении следует отметить, что пенобетон является перспективным и экологичным строительным материалом, обладающим определёнными преимуществами перед традиционными материалами, его использование помогает снизить воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов парниковых газов и улучшения качества жизни людей. Использование отходов в производстве пенобетона является перспективным направлением, поскольку снижается себестоимость материала, уменьшается объем отходов, которые приходится утилизировать и повышаются характеристики материала.

1. Литвиненко, Е. А. Экологичность пенобетонных блоков / Е. А. Литвиненко // Научный журнал молодых ученых. – 2018. – № 2(11). – С. 45-48. – EDN XTDMKT.
2. Постовой, А. А. Использование отходов камнедробления в составах пенобетона / А. А. Постовой, В. А. Дмитриенко // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021) : Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 12–15 апреля 2021 года. Том Часть 5. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 186-189.
4. Масленников, С. А. Оценка влияния модификаторов на характеристики пенобетона / С. А. Масленников, А. А. Постовой // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры : Сборник научных трудов II Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–20 ноября 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 167-170.

Постовой А.А.

Развитие 3D-печати в строительстве

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
ДГТУ в г. Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-727

Научный руководитель: Пашкова О.В.

Аннотация

В данной статье приводится история и современные тенденции развития аддитивных технологий в сфере строительстве на примере возведённых зданий, сооружений и конструкций с помощью 3D-печати. По результатам проведённого анализа установлены дальнейшие направления развития 3D-печати в строительстве.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, строительство.

Abstract

This article presents the history and current trends in the development of additive technologies in the field of construction on the example of erected buildings, structures and structures using 3D printing. Based on the results of the analysis, further directions for the development of 3D printing in construction have been established.

Keywords: additive technologies, 3D printing, construction.

В современном мире технологии играют ключевую роль в развитии всех сфер жизни, одним из самых ярких примеров инновационного подхода к строительству является

использование 3D-печати, которая позволяет создавать объекты различной сложности с высокой точностью, а также минимальными затратами времени и ресурсов. В основе данной технологии лежит принцип стереолитографии, разработанный в 1986 году Чарльзом Халлом и Карлом Декардом. С тех пор 3D-печать претерпела значительные изменения, и в настоящее время на рынке представлены различные виды принтеров и строительных материалов.

Однако, несмотря на прогрессивное решение, 3D-печать все еще не получила широкого распространения в строительстве. Одной из причин является высокая стоимость оборудования, а также необходимость адаптации существующих материалов, строительных норм и правил к новым технологиям. Тем не менее, с каждым годом наблюдается активное развитие аддитивных технологий, который станут неотъемлемой частью строительной отрасли.

В связи со сказанным выше, целью данной работы является анализ истории развития 3D-печати в строительной области на примере возведённых зданий, а также определение дальнейших направлений развития аддитивных технологий в сфере строительства.

Сбор информации о возведённых зданиях, сооружениях и конструкциях с помощью 3D-печати осуществлялся по нормативной документации, научным статьям, отчётам о выполнении научно-исследовательской работы. Следует отметить, что в данной работе представлены не все существующие объекты, возведённые 3D-принтерами, но приводятся основные из них. Данные к объектам приводятся в следующем порядке: наименование объекта; дата и место возведения объекта, а также компания занимающаяся 3D-печатью; особенности объекта и технологии возведения.

1. Прототип дома (Июнь, 2014, Китай, «WinSun»): 1) Прототипы первых 10 домов, возведённые 3D-печатью. 2) Сроки строительства сократились на 50%. 3) Экономия на трудозатратах 50–70%. 4) С учётом экономии, стоимость каждого дома составила 150 тыс. руб.

2. Замок (Август, 2014, США, «Totalkustom»): 1) Продолжительность возведения – 2 мес. 2) Основная часть замка напечатана цельно-единой частью. 3) Башни и другие элементы печатались отдельно.

3. Дом (Июль, 2015, Китай, Zhuoda): 1) Собран двухэтажный дом в рекордные сроки.

4. Апартаменты (Сентябрь, 2015, Филиппины, «Totalkustom»): 1) Печать здания осуществлялась с применением местных материалов – песка и вулканического пепла.

5. Жилой дом (2015, Китай, Сучжоу): 1) Площадь – 1100 м². 2) Два здания, высотой в 5 этажей. 3) Стали одним из шагов к созданию более крупных зданий.

6. Пешеходный мост (2016, Испания, Мадрид): 1) Первый пешеходный мост в парке Алькобендас. 2) Длина – 12 м, ширина – 1,75 м.

7. Китайская вилла (2016, Китай, «Hua Shang Tengda»): 1) Площадь – более 400 м², возведено за 45 дней. 2) Проведено испытание, которое доказало, что 3D-печатное здание способно выдержать землетрясение магнитудой до восьми баллов по шкале Рихтера.

8. «Офис будущего» (Май, 2016, ОАЭ, Дубай, «WinSun»): 1) Площадь – 250 м², возведён за 17 дн. 2) Первое в мире полностью функционирующее офисное здание, созданное с помощью 3D-печати. 3) Здание сложной геометрической формы. 4) Сроки строительства сократились на более 50%. 5) Задействовано минимальное количество трудовых ресурсов. 6) Отдельные элементы печатались на заводе компании в Шанхае.

9. Дом (Март, 2017, РФ, Ступино, «Apis Cor»): 1) Площадь – 38 м². 2) Первая полноценная печать конструкции на строительной площадке. 3) Форма здания круглая. 4) Использовался мобильный промышленный 3D-принтер.

10. Офисное здание (Сентябрь, 2017, Дания, Копенгаген «3D Printhuset»): 1) Площадь – 50 м². 2) Использовался принтер «СпецАвиа». 3) Заявлено, что это будет первое в Европе полностью напечатанное здание.

11. Жилой дом (Октябрь, 2017, РФ, Ярославль, «СпецАвиа»): 1) Площадь здания – 298,5 м². 2) Первый в РФ и Европе жилой дом, напечатанный 3D-принтером. 3) Разработчики утверждают, что здание полностью отвечает правилам и нормам индивидуального жилищного строительства.

12. Здание в форме ленты Мебиуса (2017, Нидерланды, Амстердам): 1) Площадь – 1100 м². 2) Может использоваться как выставочная площадка.

13. Лаборатория R&Drone (2017, ОАЭ, Дубай, «CyBe Construction»): 1) Общая площадь печатаемых 27 элементов – 168 м². Продолжительность печати – 46 ч. 2) Сборные элементы конструкций были изготовлены на строительной площадке. 3) Применялся мобильный и компактный принтер на гусеничном ходу.

14. Дом (Март, 2018, Франция, «Yhova»): 1) Пятикомнатный одноэтажный дом площадью 95 м².

15. Дом (Март, 2018, США, «Icon»): 1) Первые дома, возведённые с помощью 3D-принтера, передвигающегося по рельсам.

16. Здание (Июль, 2018, Испания, «Be More 3D»): 1) Площадь – 24 м². 2) Отпечатано здание из бетона площадью с использованием двухопорного 3D-принтера.

17. Здание (Сентябрь, 2018, Дания, «3D Printhuset»): 1) Использовался «портативный» 3D-принтер.

18. Здание (Октябрь, 2018, Италия, «Crane Wasp»): 1) Продолжительность возведения – 10 дн. 2) Использовался трехопорный строительный принтер.

19. Здание (Ноябрь, 2018, Италия, «Acur»): 1) Площадь – 100 м², возведён за 1 неделю.

20. Сборное здание (Ноябрь, 2018, Саудовская Аравия, «CyBe Construction»): 1) Необходимые элементы напечатаны за 7 дней, а сборка выполнена за 1 день. 2) Всего напечатано 48 архитектурных элементов и блоков на стены. 3) 21 блок напечатан для парапетов.

21. Мост (2018, Нидерланды, Амстердам): 1) Первый мост, напечатанный из металла. 2) Создан методом селективного лазерного спекания (SLS).

22. Прототип жилого дома (Август, 2019, США, «S-Squared 3D Printers»): 1) Площадь – 46 м². 2) Прототип жилого дома, печатаемый в пределах 12 ч от пола до крыши. 3) Использовался принтер двухопорной конструкции.

23. Административное здание (Октябрь, 2019, ОАЭ, Дубай, «Apis Core»): 1) Площадь – 650 м². Высота – 9,5 м. 2) Здание напечатано полностью на строительной площадке. 3) Здание внесено в книгу рекордов Гиннеса, как самое большое здание, выполненное по технологии 3D-печати.

24. Жилой дом (Декабрь, 2019, Мексика, «Icon»): 1) Площадь – 46,5 м². 2) Напечатано два жилых здания. 3) Здания одной цельной конструкции. 4) Крыша – плоская, стены – изогнутые.

25. Дом (2021, Германия, «PERI GmbH»): 1) Первый дом, возведённый с помощью 3D-принтера, который умеет печатать трубы.

26. Дом (Мексика, «Icon»): 1) Площадь дома – 46 м², возведён за 24 ч. 2) Всего напечатано 10 домов.

27. Школа (Мадагаскар, «Thinking Huts»): 1) Площадь – 65 м², возведён за 18 ч. 2) Вместимость до 30 учеников.

28. Укрытие (Нидерланды, Амстердам, «DUS»): 1) Площадь – 25 м². 2) Показана возможность быстрой печати укрытий в зоне стихийных бедствий или в ЧС. 3) Ячеистая структура.

29. Дом (Китай): 1) Здание в 5 этажей.

30. Жилой комплекс (РФ, Республика Татарстан): 1) Площадь – 81 м², возведён за 7 дн. 2) Первый посёлок, строящийся с помощью 3D-печати. 3) Каркас дешевле на 30%, а готовый дом с отделкой на 8-12%, чем железобетонный дом.

31. Жилой блок («WinSun»): 1) Площадь – 1100 м². 2) Высота здания – 6 этажей.

32. Городское жилище (Нидерланды, Амстердам): 1) Площадь – 25 м³.

33. Посёлок (РФ, Ярославская область): 1) Посёлок из 12 коттеджей. 2) Печать принтером S-300 позволяет приступать к отделке сразу из-за отсутствия усадки.

34. Посёлок (Мексика, Табаско): 1) Посёлок из 50 домов. 2) Печать стен – 24 ч.

35. Мост (Китай, Шанхай): 1) Печать – 450 ч. 2) Конструкция моста аналогична мосту Чжаочжоу

36. Дом («WinSun»): 1) Здание выполнено из запатентованного материала (смесь строительного мусора, бетона и добавок).

37. Дом («WinSun»): 1) Площадь – 20 м². 2) Построено несколько домов за один день. 3) Применялась технология 3D-печати для создания элементов за пределами площадки. 4) Стоимость строительства дома – 4800 долларов.

38. Мост (Нидерланды, Амстердам и Гементе): 1) Железобетонный мост, длиной 8 м, шириной 3,5 м. 2) Процесс печати не требовал вспомогательных опалубочных систем.

39. Кабинки для отдыха (Нидерланды): 1) Печатают из биопластика.

40. Зоны для отдыха (Голландия): 1) Печатают из биопластика.

41. Купол часовни (РФ, деревня Ярославской области, «СпецАвиа»): 1) По заказу жителей с помощью 3D-принтера создал купол для часовни.

42. Дождевой коллектор (Лилль, Франция, «Point P TP», «Sade», «XtreeE»): 1) Размеры: 2,15×2,2×2,6 м. 2) Напечатан за менее 9 ч.

43. Опоры моста («Laing O'Rourke»): 1) Разработаны создаваемые 3D-печатью опалубочные формы из воска по технологии FreeFAB. 2) Размеры создаваемых элементов составляют 30×3,5×1,5 м. 3) Продолжительность изготовления около 3 ч.

44. Мост (Испания): 1) Длина – 12 м. 2) Выполнен из железобетона.

Подводя итоги проделанной работы, можно отметить, что развитие аддитивных технологий в сфере строительства осуществляется всё более интенсивнее с каждым годом. Наиболее вероятными направлениями в 3D-печати зданий являются следующие направления: разработка новых материалов, исследование возможностей армирования конструкций и смеси, оптимизация параметров процесса работы, развитие нормативной базы и повышение квалификации специалистов.

1. Болотова, А. С. Перспективы применения в строительстве аддитивных технологий / А. С. Болотова, М. Д. Бреева, П. Г. Полякова // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 156-160. – DOI 10.54950/2658534020232156. – EDN ZBGYEB.
2. Воронцова, В. В. Перспективы использования международного опыта 3D печати в отечественном строительстве / В. В. Воронцова, Е. А. Поспелова // Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека : II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгород, 04–05 декабря 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 292-296. – EDN ORZXGS.

Рахматуллин Т.Р., Борисова О.В.

Автоматизация системы управления атмосферным деаэратором

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-728

Аннотация

В статье рассмотрена автоматизация системы управления атмосферным деаэратором её состав и назначение. Рассмотрен контроллер, с помощью которого можно автоматизировать процесс управления атмосферным деаэратором, и выявлены основные его преимущества. Актуальность работы заключается в снижении издержек, улучшении эксплуатации и обеспечении стабильной и надёжной работы атмосферного деаэратора путём автоматизации.

Ключевые слова: деаэратор, надёжность, автоматизация, контроллер, регулирование, датчик, эффективность.

Abstract

The article discusses the automation of the atmospheric deaerator control system, its composition and purpose. The controller with which it is possible to automate the process of controlling an atmospheric deaerator is considered, and its main advantages are identified. The relevance of the work is to reduce costs, improve operation and ensure stable and reliable operation of the atmospheric deaerator by automation.

Keywords: deaerator, reliability, automation, controller, regulation, sensor, efficiency.

Автоматизация системы управления деаэратором – это процесс внедрения автоматической системы управления для контроля и поддержания оптимального уровня кислорода в воде в деаэраторе.

Деаэраторы используются для удаления растворенного кислорода и других газов из питательной воды, которая поступает в парогенератор в паровую турбину [1]. Управление деаэратором является важной частью процесса, поскольку неправильное управление может привести к повреждениям оборудования, повышенной потере энергии и низкому качеству пара.

Автоматизация системы управления деаэратором включает в себя установку датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов, которые позволяют системе автоматически регулировать уровень кислорода и поддерживать его на оптимальном уровне [2]. Это осуществляется путём поддержания оптимальных параметров давления пара, температуры воды и уровня воды в деаэраторе [3].

В автоматизированной системе управления деаэратором участвуют следующие приборы:

1. Датчики уровня: используются для контроля уровня воды в деаэраторе. Они могут определять, когда уровень воды становится слишком низким или слишком высоким, и передавать эту информацию контроллеру деаэратора для принятия соответствующих действий.
3. Датчики давления: позволяют контролировать давление внутри деаэратора. Они могут обнаруживать изменения давления и передавать эту информацию контроллеру для регулировки работы системы.
4. Датчики температуры: используются для измерения температуры пара и воды в деаэраторе. Они помогают контролировать процесс работы и регулировать нагревательные элементы.
5. Регуляторы: обрабатывают информацию от датчиков и принимают решения о необходимых корректировках работы деаэратора. Они могут управлять нагревом, охлаждением, сливом и подачей воды в деаэратор.
6. Электромеханические клапаны: используются для регулирования потока воды в деаэраторе. Они открываются и закрываются в соответствии с командами, полученными от регуляторов.
7. Индикаторы и панели оператора: отображают информацию о текущем состоянии деаэратора, такую как уровень воды, давление, температура и т. д. Оператор может использовать панель для управления системой, установки параметров и выполнения диагностики.

Разрабатывая автоматизированную систему управления деаэратором необходимо точно знать, какие параметры необходимо контролировать и регулировать. Далее необходимо подобрать все датчики, которые будут соответствовать параметрам контролируемой среды. В соответствии с подобранными датчиками необходимо выбрать контроллер.

Контроллеры позволяют контролировать и управлять различными аспектами работы деаэратора: от мониторинга уровня и температуры воды до управления клапанами, насосами и другими устройствами. Они выполняют функции сбора и обработки данных, принятия решений на основе заданных алгоритмов и управления исполнительным оборудованием [4].

Значимость контроллера в автоматизации деаэратора заключается в следующем:

1. Контроль и мониторинг: контроллер обеспечивает постоянный контроль необходимых параметров в деаэраторе. Может детектировать любые изменения и предпринимать соответствующие действия, чтобы поддерживать оптимальные параметры работы системы.
2. Управление клапанами и насосами: контроллер позволяет автоматически управлять клапанами и насосами, регулируя поток воды и газа в деаэраторе. Это позволяет поддерживать стабильные условия и оптимизировать процесс удаления газов.
3. Интеграция с другими системами: контроллер может интегрироваться с другими системами управления, такими как система управления нагревом воды или система мониторинга и управления энергопотреблением. Это позволяет создать комплексную автоматическую систему, которая оптимизирует процесс работы деаэратора.
4. Мониторинг и диагностика: контроллер обеспечивает мониторинг и диагностику работы деаэратора, может автоматически определять неисправности и предпринимать соответствующие меры для их устранения, такие как аварийное отключение устройств или отправка уведомлений персоналу.

Для автоматизации атмосферного деаэратора отлично подходит контроллер «АГАВА ПК-40.АД-01.1-Д-А-Р(ТМР-АЮ-220V-232/ETH-SIM-DO)», изображённый на рисунке 1.



Рисунок 1. Контроллер «АГАВА ПК-40.АД-01.1-Д-А-Р(ТМР-АЮ-220V-232/ETH-SIM-DO)»

С помощью данного контроллера имеется возможность осуществлять регулирование и контроль уровня воды, температуры и давления. Он имеет модульную архитектуру, позволяющую устанавливать в слоты расширения модули ввода-вывода различного типа.

В состав контроллера «АГАВА ПК-40.АД-01.1-Д-А-Р(ТМР-АЮ-220V-232/ETH-SIM-DO)» входят следующие модули:

- 1) ТМР – модуль измерения температуры, имеющий 2 входа для подключения датчиков термосопротивления (Pt100, Pt1000, 50M, 100M) и термопары (ТХК (L), ТЖК (J), ТНН (N), ТХА (K), ТПП (S,R), ТПР (B), ТВР (А-1,2,3), ТМК (Т));
- 2) АЮ – модуль аналоговых входов/выходов, имеющий 2 входа и 2 выхода и поддерживающий унифицированные сигналы 4–20 мА, 0–20 мА, 0–5 мА, 0–10 В;
- 3) 220V – модуль блока питания 220 В, осуществляющий питание от сети 90–265 В переменного или постоянного тока. Частота переменного тока до 63 Гц. Номинальное значение: ~220 В, 50 Гц;
- 4) 232/ETH – модуль интерфейсов RS-232 и Ethernet 10/100МБит;
- 5) SIM – модуль дискретных выходов типа «симистор» на 2 выхода;
- 6) DO – модуль дискретных выходов типа «открытый коллектор» на 4 выхода.

Преимущество данного контроллера заключается в том, что он имеет модульную архитектуру, предоставляет большой выбор модулей ввода/вывода, а также позволяет

обеспечивать контроль и регулирование всех необходимых параметров при автоматизации атмосферного деаэрата.

Преимущества автоматизации системы управления деаэрата включают:

1. Улучшенную эффективность работы: автоматическое регулирование уровня кислорода позволяет максимизировать удаление кислорода из питательной воды и снизить потерю энергии.
2. Улучшенное качество пара: правильный уровень кислорода в питательной воде обеспечивает высокое качество пара и уменьшает вероятность коррозии и других проблем, связанных с наличием кислорода.
3. Снижение операторского вмешательства: автоматическая система управления позволяет снизить операторское вмешательство и обеспечить непрерывную работу деаэрата без необходимости постоянного наблюдения.
5. Улучшенная надежность: автоматическая система управления позволяет быстро обнаруживать и исправлять отклонения в работе деаэрата, что помогает предотвратить неполадки и снизить риск выхода оборудования из строя.

Таким образом, автоматизация системы управления атмосферным деаэратом представляет собой важный этап в развитии и совершенствовании данного устройства. Она позволяет значительно упростить процесс контроля и регулирования параметров работы атмосферного деаэрата, а также повысить его эффективность и надежность [5].

В целом, автоматизация системы управления атмосферным деаэратом представляет собой современный и эффективный способ повышения качества его работы. Это позволяет снизить издержки, улучшить эксплуатацию и обеспечить стабильную и надежную работу данного устройства. В свете быстрого технологического развития, автоматизация является неотъемлемым элементом модернизации отрасли и создания эффективных систем управления.

1. Егоров П.В. и др. Деаэраты атмосферного давления. // Энергоназор. Екатеринбург, 2015. С. 28-29.
2. Шилов И.В. Автоматизация атмосферного деаэрата для котельной. // Дни студенческой науки. М, 2017. С. 93-97.
3. Барочкин Е.В. и др. Исследование эффективности деаэрации воды в баках атмосферных деаэратов, оборудованных барботажным коллектором. // Вестник ивановского государственного энергетического университета. Иваново, 2009. С. 32-36.
4. Ларент Ф. Применение АЦП в микроконтроллерных системах. // Инфра-М. М, 2004. С. 320.
5. Шарапов В.И., Феткуллов М.Р. Технологии управления термическими деаэраторами тепловых электростанций. // Труды Академэнерго. Казань, 2012. С. 54-72.

Ряжских А.И., Могилевская Г.И.

Экологические проблемы, связанные с использованием бетона

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г.
Шахты Ростовской области
(Россия, Шахты)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-729

Аннотация

В статье рассматривается влияние бетона на окружающую среду и климат. Производство бетона требует значительного количества природных ресурсов, включая морскую воду, что приводит к нехватке этих ресурсов в некоторых регионах мира. Кроме того, строительство из бетона способствует увеличению выбросов парниковых газов, что может привести к изменению климата. Статья также отмечает, что существуют альтернативные материалы, такие как дерево и железный камень, которые могут заменить бетон, но их использование требует значительных затрат на производство и уход.

Ключевые слова: бетон, Строительство, Экология, Альтернативные материалы.

Abstract

The article examines the impact of concrete on the environment and climate. Concrete production requires significant amounts of natural resources, including seawater, leading to shortages of these resources in some regions of the world. In addition, building with concrete contributes to increased greenhouse gas emissions, which can lead to climate change. The article also notes that there are alternative materials such as wood and ironstone that can replace concrete, but their use requires significant manufacturing and maintenance costs.

Keywords: concrete, Construction, Ecology, Alternative materials.

Актуальность заключается в том, что бетон является основным строительным материалом на планете. Мы видим его каждый день - здания, дороги - все сделано из бетона. Удивительно, но если разделить количество бетона, используемого в строительстве каждый год, на количество людей на планете, то получится, что на каждого человека приходится около 3 тонн этого материала. Однако, с экологической точки зрения, бетон является одной из главных угроз для окружающей среды и климата на всех этапах его производства, использования и даже после окончания строительства.

Цель данной статьи – рассмотрение негативного влияния бетона на окружающую среду, как в процессе его производства, так и его эксплуатации.

Бетон - это самый распространенный материал в современных городах. Однако, мы редко задумываемся о его негативном влиянии на окружающую среду. В этой статье мы обсудим, как бетон связан с проблемой нехватки воды, климатическими изменениями и стихийными бедствиями.

С точки зрения экологии, производство бетона является одной из главных угроз для нашей планеты и климата. Бетон состоит из цемента, щебня, песка и воды. Хотя эти компоненты кажутся доступными, огромное количество бетона, которое производится, означает, что многие природные ресурсы находятся под угрозой.

Для производства бетона требуется морской песок, так как он обкатан водой и имеет лучшую адгезию по сравнению с другими видами песка. Пустынный песок не подходит из-за своей округлой формы, которая не обеспечивает хорошего сцепления между песчинками. Речной песок также может использоваться, но он может содержать примеси, которые могут негативно повлиять на качество бетона. Человечество потребляет морской песок намного быстрее, чем океаны могут его восполнить, что приводит к его нехватке. В России чаще используют карьерный песок, но это не уменьшает глобальную проблему.

Производство бетона оказывает серьезное воздействие на окружающую среду. В 2012 году 9% всей потребляемой людьми воды уходило на производство бетона. По прогнозам журнала *Nature Sustainability*, к 2050 году 75% всей воды, необходимой для производства бетона, будет использоваться в развивающихся странах. Это может привести к серьезным проблемам в регионах, где уже сейчас ощущается нехватка воды, например, в Индии.

Производство цемента, который необходим для производства бетона, также имеет негативное влияние на окружающую среду. Для производства цемента необходимо нагревать глину и известняк до очень высоких температур, что приводит к выделению большого количества углекислого газа. В 2015 году 8% от общего объема выбросов углекислого газа приходилось именно на производство цемента. Если бы цемент был страной, то он занимал бы третье место в мире по уровню выбросов парниковых газов.

Проблемы не заканчиваются даже после того, как бетон уже залит и здания построены. Бетон играет важную роль в современном городском строительстве, однако его использование также может иметь негативные последствия для окружающей среды и климата. Когда бетонные города подвергаются высоким температурам, они нагреваются гораздо быстрее, чем сельские районы. Этот феномен называется "городской остров тепла". Разница температур между городом и его окрестностями может достигать 5°C, что создает проблемы со здоровьем у жителей, ухудшает качество питьевой воды и увеличивает потребление электроэнергии для охлаждения зданий.

Кроме того, бетонные города могут стать причиной увеличения числа природных катастроф, таких как наводнения. Забетонированные дороги и шоссе не позволяют воде быстро уходить в землю, что делает наводнения более разрушительными. Они наносят значительный экономический ущерб, уносят жизни людей и затрудняют восстановление разрушенных городов.

В целом, использование бетона имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Чтобы минимизировать негативные последствия, необходимо использовать более экологически чистые материалы и технологии строительства, а также применять возможность использования отходов материалов в качестве компонентов и добавок.

Так, например, в своем исследовании Шишкина П.А. рассматривает факторы экологичности бетона. Автор выделяет положительные стороны экологичности связанные с использованием переработанных материалов, таких как отходов производства химической и нефтеперерабатываемой промышленности.

В 2017 году в американском городе Хьюстон произошло одно из самых сильных наводнений в истории. Оно унесло много жизней и нанесло огромный экономический ущерб. Ученые считают, что основной причиной разрушений стало использование бетона, так как Хьюстон — один из самых забетонированных городов в Соединенных Штатах.

Однако, несмотря на проблемы, связанные с использованием бетона, существуют компании, которые занимаются разработкой более экологичных альтернатив. Эти альтернативы включают в себя использование материалов, таких как древесина, бамбук и другие растительные волокна. Эти материалы обладают рядом преимуществ перед традиционным бетоном, включая более низкую стоимость, большую прочность и устойчивость к воздействию окружающей среды.

Более того, некоторые компании начали использовать методы переработки, чтобы сократить количество отходов, отправляемых на свалку. Например, компания Waste-Tec разработала систему переработки отходов, которая позволяет получать новые строительные материалы из старых бетонных блоков.

Таким образом, хотя использование бетона может иметь негативные последствия для окружающей среды, существуют различные способы сделать его более экологически чистым.

Компания SolidiaTech разработала свою собственную технологию под названием Solidia, которая помогает снизить уровень выбросов CO₂ до 60%. Эта технология не требует установки нового оборудования и имеет два варианта производства цемента: первый использует углекислый газ вместо воды для затвердевания, что значительно снижает стоимость и время процесса, а также уменьшает количество CO₂ в атмосфере.

Некоторые люди идут еще дальше и предлагают полностью отказаться от использования цемента в строительстве в пользу других материалов, таких как дерево или железный камень Ferrock, созданный из отходов металлургической промышленности. Однако пока не ясно, каким образом человечество заменит бетон, так как большинство существующих альтернатив не обладают такими же характеристиками, как бетон, или требуют значительных затрат на производство и уход. Некоторые считают, что без строгих мер контроля со стороны правительства, отказ от бетона невозможен.

В заключении хочется сказать, что бетон дал нашей цивилизации возможность достичь такого уровня развития, какой мы имеем сегодня. Его доступность, прочность и легкость производства стали фундаментом для строительства домов, зданий и инфраструктуры. Однако, с развитием новых технологий и материалов, мы сталкиваемся с новыми вызовами. Некоторые предлагают полностью отказаться от использования бетона в пользу других материалов. Другие утверждают, что это невозможно без строгих мер контроля со стороны правительства. Тем не менее, не стоит забывать об окружающей среде и планете, требования к повышению качества материалов как с точки зрения пригодности так и с точки зрения экологичности всегда будут

актуальны поэтому необходимо учитывать, что решение проблемы бетона может потребовать времени и ресурсов, и мы должны быть готовы к этому.

1. Денисов В.В. Экология города / В.В. Денисов, А.С. Курбатов, И.А. Денисова, В.Л. Бондаренко, В.А. Грачев, В.А. Гугенев, Б.А. Нагнибеда / Под. ред. В.В. Денисова. М.: ИКЦ «Март», Ростов н/Д: Издательский центр «Март», 2008. — 832 с.
2. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек ЛЮ.В.Новиков. М.: Изд. ФАИР-Пресс, 2003. 560 с.
3. Шишкина П.А. Экологические факторы производства бетона // Наука и образование сегодня. М.: Изд-во ООО «Олимп» 2020. 39с.
4. Гредел Т.Е. Промышленная экология / Т.В.Гредел, Б.Р.Алленби /Пер.с англ. Под ред. Э.В. Гирусова (Серия «Зарубежный учебник»). М.: Изд-во ЮНИТИ, 2004. 239 с.

Саломатова С.И.

Результаты экспериментальных исследований по флотации в центробежном поле вращения жидкости

*Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-730

Аннотация

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по флотации минералов с близкими технологическими свойствами. В разработанном в лаборатории обогащения полезных ископаемых Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН способе флотации разделение минеральных частиц происходит по гидрофобности в тонком слое на поверхности вращающегося потока воды (пульпы). При проведении лабораторных исследований используется экспериментальный вариант центробежной флотомашины с периферийной разгрузкой концентрата, конструкции ИГДС СО РАН, (получен патент РФ).

В результате серии экспериментальных исследований проб продуктов переработки золото-сурьмяной руды месторождения «Сентачан» получено, что при воздействии центробежной силы вращения жидкости и гидрофобных свойств минералов усиливаются показатели селективности разделения минералов, что указывает на перспективность использования центробежной флотомашины для повышения качества концентрата при проведении операций перечистки.

Ключевые слова: центробежная флотация, вращающийся поток воды, минерализованный слой, гидрофобность частиц, селективность разделения, лабораторные исследования.

Abstract

The article presents the results of experimental studies on the flotation of minerals with similar technological properties. Developed in the mineral processing laboratory of the Institute of Mining of the North named after. N.V. Chersky SB RAS using the flotation method, the separation of mineral particles occurs according to hydrophobicity in a thin layer on the surface of a rotating flow of water (pulp). When carrying out laboratory research, an experimental version of a centrifugal flotation machine with peripheral discharge of concentrate, designed by the Institute of Geodynamics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, is used (RF patent received).

As a result of a series of experimental studies of samples of gold-antimony ore processing products from the Sentachan deposit, it was found that under the influence of the centrifugal force of rotation of the liquid and the hydrophobic properties of minerals, the selectivity of mineral separation increases, which indicates the prospects of using a centrifugal flotation machine to improve the quality of the concentrate during refining operations.

Keywords: centrifugal flotation, rotating water flow, mineralized layer, hydrophobicity of particles, separation selectivity, laboratory studies.

Введение

При обогащении руд проблема разделения минералов с близкими технологическими свойствами решается повышением селективности разделения в обогатительных процессах – с использованием реагентов направленного действия [1], избирательного изменения технологических свойств минералов с помощью различных энергетических воздействий [2, 3], предложены способы концентрирования и извлечения ультратонкодисперсного золота с применением методов лазерного воздействия [4].

Флотационный способ обогащения более распространен для тонких классов крупности. Традиционные схемы доводки с применением флотационных перечисток в целом решают задачу повышения качества, но при этом снижается сквозное извлечение металлов из руды.

Во флотационной перечистке пенный продукт переводится в объем пульпы, и в последующем, происходит перефлотация, при этом существует вероятность потери труднообогатимой фракции золота, и в этих случаях необходима тонкая регулировка процесса в смысле поддержания оптимального реагентного режима, продолжительности флотации и т.д. [5].

При флотации свободного золота степень концентрации и извлечения в пену выше в сравнении с концентрационным столом, концентрацией в короткоконусном гидроциклоне. Но при наличии илов увеличивает выход пенного продукта и заметно снижает извлечение. Наличие еще и труднофлотируемых фракций, сульфидов обладающих высокой флотируемостью, то флотация как доводочная операция менее эффективна. Таким образом, с одной стороны флотация как метод разделения имеет высокий потенциал, а с другой стороны она не эффективна для доводки материалов сложного вещественного состава. Таким образом, наиболее рациональным представляется вариант получения флотационного концентрата высокого качества и промпродуктов с последующей их переработкой по другим комбинированным схемам переработки и обогащения. В этом случае упрощается задача флотационной доводки черного концентрата наподобие «снятия золотой головки» в гравитационных схемах. При этом необязательно проводить традиционные схемы флотационной перечистки.

Известные способы переработки и обогащения полезных ископаемых, основанные на разделении минералов по удельным массам в воде (мокрое обогащение), разделении по удельной массе в восходящей струе воздуха (отсадка), магнитной проницаемости (магнитное обогащение), смачиваемости поверхностей (флотация), центробежному воздействию (центрифугированию), по температуре плавления и др., не позволяют извлекать мелкое и тонкое золото крупностью менее 0,5 мм до 90% [6-8].

Один из способов влияния на эффективность процесса флотации – применение дополнительных центробежных сил вращения жидкости – центробежная флотация. В способе флотации, разработанном в лаборатории обогащения полезных ископаемых ИГДС СО РАН разделение минеральных частиц происходит по гидрофобности в тонком слое на поверхности вращающегося потока воды (пульпы) [9].

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по флотации.

Цель данного исследования – повышение качества концентрата флотации при проведении перечистой операции флотации концентрата с использованием центробежной флотомашины с периферийной разгрузкой концентрата.

Материалы и методы исследования:

Лабораторные экспериментальные исследования проводились на центробежной флотомашине с периферийной разгрузкой концентрата с использованием тонкоизмельченных рудных материалов месторождения «Сентачан». Схема центробежной флотомашины представлена на рис.1. Машина состоит из цилиндрического корпуса 1, нижняя часть которого выполнена в виде перфорированного усеченного конуса 2, патрубков для питания 3 и воды 4,

желоба для пенного продукта 5. В нижней части конуса имеется патрубок для вывода хвостов 6 и патрубок для подвода воздуха 7.

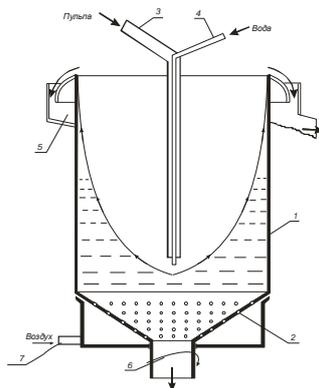


Рисунок 1. Схема центробежной флотационной машины с периферийной разгрузкой концентрата.

Техническая характеристика центробежной флотационной машины с периферийной разгрузкой концентрата представлена в таблице [9].

Техническая характеристика центробежной флотомашины с периферийной разгрузкой концентрата.

Таблица 1

Технические параметры	Ед. измерения	Рабочие параметры
Расход дополнительной воды	л/мин	2-3
Расход воздуха	м ³ /мин	0,05
Количество оборотов вращения корпуса, мах	об/мин	400
Мощность привода электродвигателя	кВт	не более 1,0
Габаритные размеры:		
диаметр	мм	30
высота	мм	180

В проводимых исследованиях применялся флотационный реагент: ксантогенат бутиловый - основной собиратель для флотации сульфидных минералов, 10 % раствор, при расходе 100 г/т [9].

«При вращении цилиндрикоконического корпуса, под действием центробежных сил вода движется снизу вверх, образуя вогнутую поверхность. Исходная пульпа (пенный концентрат) подается в нижнюю часть флотомашины на поверхность воды. Минерализованный слой из гидрофобных частиц остается на поверхности воды, с которой попадает в желоб для концентрата, а гидрофильные частицы собираются в нижней части корпуса и удаляются через патрубок для вывода хвостов (см. рис.2)» [10].



Рисунок 2 – Камера центробежной флотомашины с периферийной разгрузкой концентрата:

а) – при вращении камеры 400 об/мин.;

б) – при полной остановке камеры флотомашины.

Результаты исследования:

Исследованиями по флотации на лабораторных флотомашинах: центробежной флотомашине с периферийной разгрузкой концентрата (ЦФМ) и на механической флотомашине (ФМ), установлено, что извлечение золота и сурьмы в концентрат выше на центробежной флотомашине (рисунок 3), а извлечение мышьяка ниже на центробежной флотомашине, что позволяет получить концентрат с содержанием As менее 0,11 %. При этом по качеству концентратов получено содержание сурьмы 1,23 % что значительно выше, чем 0,19 % получено при флотации на механической флотомашине (ФМ)

На рисунке 3 представлена дифрактограмма концентрата флотации одного из экспериментов по флотации на центробежной флотомашине.

Изучение вещественного состава продукта флотации показало, что в анализируемом образце содержится смесь минералов: кварц, минерал из группы слюд, кальцит, галенит, пирит, гипс, минерал из группы каолинита, минерал из группы полевых шпатов.

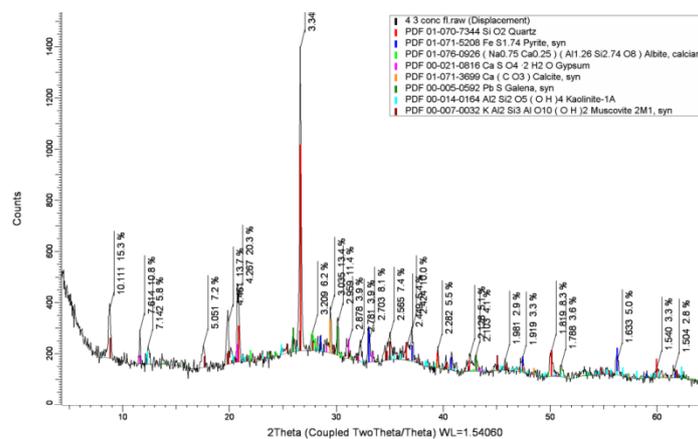


Рисунок 3. Дифрактограмма концентрата флотации.

Заключение:

Экспериментальными исследованиями установлено, что сочетание воздействия центробежной силы вращения жидкости и гидрофобных свойств минералов позволяет усилить показатели селективности разделения минералов, что указывает на перспективность использования центробежной флотомашины при проведении операций перераспределения для повышения качества концентрата.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0022, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800089-2), с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН грант №13.ЦКП.21.0016.

1. Solozhenkin P. M. Development of principles of selection of reagents for flotation of antimony and bismuth minerals // *Doklady Chemistry*. – 2016. – Т. 466., № 2. – С. 57-60. – doi.org/ 10.1134/S001250081602004X.
2. Чантурия В.А., Вайсберг Л.А., Козлов А.П. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // *Обогащение руд*. – 2014. № 2 (350). – С. 3-9. – doi.org/ 10.17580/or.2022.02.01.
3. Чантурия В.А., Лавриненко А.А., Краснов Г.Д. Повышение эффективности флотации на использовании энергетических воздействий // *Горный журнал*. – 2006. – №10. – С. 48-52.
5. Банщикова Т.С., Леоненко Н.А., Шокина Л.Н. Создание нетрадиционных технологий извлечения упорных форм золота из минерального сырья техногенных месторождений // *Обогащение руд*. – 2009. – № 3. – С. 11-14.
6. Горбунова Т.Г., Фролов Ю.И. Разработка технологии обогащения рудных и россыпных месторождений: Сб. науч. тр. /ВНИИ-1.Магадан, 1985.с.3–9

7. Лодейщиков В.В. Особенности технологии извлечения золота из упорных руд // Цветные металлы.– 2005.– №4.– С.51–55.
8. Segura-Salazar J. and Brito-Parada P.R. Stibnite froth flotation: A critical review // Minerals Engineering. – 163 (2021) 106713.
9. Алгебраистова Н.К., Самородский П.Н., Кологушкин Д.М., Прокопьев И.В. Технология извлечения золота из золотосодержащего техногенного сырья// Обогащение руд.– 2018.– №1.– С. 33-37.– doi.org/10.17580/or.2018.01.06.
10. Матвеев А.И., Саломатова С.И. Флотация золота на поверхности вращающейся жидкости.– Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008 – 141 с.
11. Патент №2248849 РФ. Способ флотации и центробежная флотационная машина / А.И. Матвеев, С.И. Саломатова, А.И. Чикидов, А.М. Монастырев, В.Б. Яковлев. – Заявка № 2002121200/03 от 05.08.2002; опубл. 27.03.2005, Бюл. №9.

Сафин М.А., Эйтерник А.Ю.

Автоматическое регулирование системы очистки сточных вод в первичном отстойнике очистных сооружений с использованием лазерной установки

*Казанский Государственный Энергетический Университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-731

Аннотация

В данной статье рассматривается применение лазерной установки для автоматического регулирования системы очистки сточных вод в первичном отстойнике очистных сооружений. Проведен анализ проблемы эффективного удаления загрязнений из сточных вод, решением которой является применение лазерной установки для автоматического контроля и регулирования процессов очистки. В статье описываются принципы работы и возможности лазерной установки, а также предложена функциональная схема автоматизации процесса очистки сточных вод от тяжелых металлов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, сточные воды, автоматическое регулирование, лазер, первичный отстойник, очистные сооружения.

Abstract

This article discusses the use of a laser installation for automatic regulation of the wastewater treatment system in the primary settling tank of treatment facilities. The analysis of the problem of effective removal of pollutants from wastewater, the solution of which is the use of a laser installation for automatic control and regulation of purification processes. The article describes the principles of operation and capabilities of the laser installation, as well as a functional scheme for automating the process of wastewater treatment from heavy metals.

Keywords: heavy metals, waste water, automatic regulation, laser, primary sump, sewage treatment plants.

На сегодняшний день первостепенная задача в процессе очистки сточных вод (СВ) – очистка от соединений тяжелых металлов (ТМ). Попадание таких металлов, как ртуть, свинец, кадмий, хром, марганец, медь, никель в водные объекты способно отрицательно воздействовать на состояние экологических систем и жизнедеятельность человека.

Существует множество технологий и оборудования по очистке СВ от токсичных веществ. Этапы очистки могут различаться в зависимости от конкретных условий и требований, поэтому необходимо учитывать некоторые факторы при выборе технологии очистки: предельно-допустимую концентрацию остаточных веществ, степень очистки СВ, экономическую составляющую для реализации технологического процесса и мн. др.

Основными этапами очистки СВ являются: механическая очистка (устранение взвешенных органических и неорганических частиц); физико-химическая очистка (в данном случае происходит отделение и удаление мелкодисперсных загрязнений реагентным методом);

биологическая очистка (бактерии и другие микроорганизмы активного ила используются для расщепления органических соединений на более простые элементы).

Для реализации каждого этапа очистки СВ эксплуатируется крупногабаритное оборудование, помимо этого, они характеризуются своей продолжительностью проведения процесса. Существенным недостатком является то, что механический и физико-химический методы обработки СВ подразумевают собой осаждение крупных фракций взвешенных частиц и ТМ, что приводит к образованию скоплений шламов.

Более эффективными по своему принципу действия могут выступать способы безреагентной очистки. К таким методам относятся фотохимические процессы, в основе которых лежит применение фотокатализаторов или катализаторов полупроводниковых материалов.

Лазерная очистка СВ — это новая технология очистки стоков. Этот метод базируется на разложении и удалении органических соединений и тяжелых металлов в СВ при помощи высокоэнергетических лазерных лучей.

Реализовать лазерную очистку СВ в первичных отстойниках можно при помощи автоматической системы управления (АСУ). На рис. 1 изображена функциональная схема автоматизации очистки сточных вод в первичном отстойнике с использованием лазерной установки.

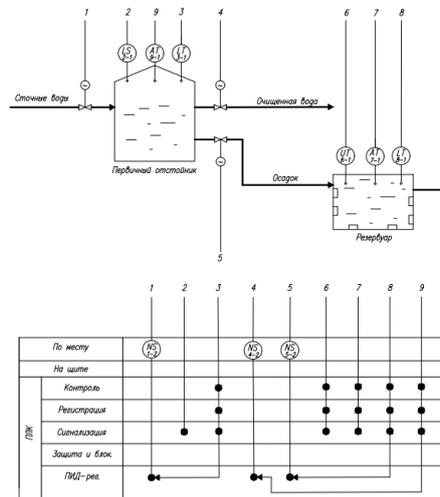


Рисунок 1. Функциональная схема автоматизации

Принцип действия первичных отстойников основан на осаждении твердых частиц. Стоки поступают в отстойник, где под действием гравитации, твердый осадок оседает на дно, а очищенная вода выходит из отстойника через верхний трубопровод. В отстойнике установлены поплавковый сигнализатор уровня и гидростатический датчик уровня (поз. 2-1 и 3-1 соответственно). Подача сточных вод в отстойник осуществляется регулирующим органом – клапаном (поз. 1-2). Управление клапаном происходит за счет датчика уровня: при достижении определенного уровня в отстойнике клапан приостанавливает поток поступающей воды.

На поз. 4-2 и 5-2 установлены клапаны для регулирования потока очищенной воды из отстойника и потока воды с осажденными веществами. Управление клапаном 4-2 осуществляется по результатам диагностирующего оборудования (поз. 9-1), управление клапаном 5-2 – по показаниям уровня воды в резервуаре. Очищенная вода поступает далее по трубопроводу на следующие этапы очистки, а вода с содержанием ТМ и крупных фракций взвешенных частиц идет на доочистку в резервуар с лазерной установкой (поз. 6-1).

Лазерная установка состоит из 6 лазеров с ИК-излучением, имеющих разную длину волны и расположенных на стенках и на дне резервуара: BeamLok 2080-15C Argon Ion Laser Systems (на длине волны 488 нм); 117 Frequency Stabilized HeNe Laser (с длиной волны 624 нм); Y-Xtreme Q-Switched Nd: YAG laser (с длиной волны 1064 нм). В качестве диагностирующего

оборудования используется спектрофотометр для определения остаточной концентрации ТМ (поз. 8-1 и 9-1).

Для достоверности результатов очистки СВ от ТМ необходимо взять пробы СВ до очистки лазерами и после. Метод диагностики базируется на соответствии пробы, взятой после очистки, предельно-допустимой погрешности. Для свинца и никеля погрешность не должна составлять более 0,25 мг/дм³, для меди и марганца – 1 мг/дм³, для ртути – 0,05 мг/дм³, для кадмия – 0,015 мг/дм³, для хрома – 0,5 мг/дм³.

Лазерный луч имеет определенную длину волны, которая соответствует частоте электромагнитного излучения и степени тяжести загрязнения. Некоторые загрязняющие вещества могут быть менее или более чувствительными к той или иной длине волны. Например, для фотохимического окисления органических веществ возможно использование УФ-лазеров с длиной волны около 254 нм. Для очистки от тяжелых металлов, таких как свинец, ртуть или кадмий, обычно используют лазеры с ИК длиной волны, так как спектральные линии ТМ обычно находятся в ИК-области спектра. К примеру, для удаления свинца из СВ необходимо использовать лазер с длиной волны около 1064 нм, которая соответствует спектральной линии поглощения свинца.

В целом, лазерная очистка СВ представляет собой перспективную и эффективную технологию очистки, которая может быть применена в различных отраслях промышленности и муниципального хозяйства. Но перед внедрением этой технологии необходимо провести тщательное исследование и оценку ее применимости и экономической целесообразности.

1. Шейнкман, Л. Э. Очистка промышленных сточных вод от тяжелых металлов с использованием лазерного излучения / Л. Э. Шейнкман, В. Б. Тимофеева, Д. В. Дергунов // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19, № 5. – С. 26-30. – EDN TUIYHL.
2. Чаусов, Д. С. Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом очистки сточных вод / Д. С. Чаусов, М. А. Трушников // Молодой ученый. — 2018. — № 5 (191). — С. 47-50. — URL: <https://moluch.ru/archive/191/48196/> (дата обращения: 07.11.2023).
3. Авторское свидетельство № 959367 А1 СССР, МПК C02F 1/00, B01D 21/00, C02F 1/52. Способ автоматического регулирования процесса распределения сточных вод по первичным отстойникам/ П. Н. Горбунов, С. А. Ланнэ, А. М. Скобелев [и др.]; EDN GHXHTC.
4. Патент № 2775240 С1 Российская Федерация, МПК H01S 3/10, B23K 26/00, B23K 26/04. Способ управления лазерной установкой и лазерная установка: № 2021106130: заявл. 10.03.2021; опубл. 28.06.2022 / В. А. Приезжев; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "ПОЛАРУС". – EDN QCTWZV.
5. Кузнецова Т. Е., Батай Л. Е. Действие лазерного излучения среднего инфракрасного диапазона на биологические ткани // Журнал ГрГМУ. 2009. №2 (26). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deystvie-lazernogo-izlucheniya-srednego-infrakrasnogo-diapazona-na-biologicheskie-tkani> (дата обращения: 21.11.2023).

Северюгин С.Ю.

Управление электромеханической системой с переменной структурой

*Чистопольский филиал "Восток" Казанского национального
исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева - КАИ
(Россия, Чистополь)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-732

Аннотация

В статье рассматривается проблема стабилизации угловой скорости двигателя методом систем с переменной структурой на скользящем режиме. Проведено численное моделирование, сделаны выводы.

Ключевые слова: скользящий режим, разрывное управление, переменная структура, моделирование.

Abstract

The article deals with the problem of stabilization of the angular velocity of the engine by the method of systems with a variable structure in a sliding mode. Numerical modeling is carried out, conclusions are made.

Keywords: sliding mode, discontinuous control, variable structure, modeling.

Рассматривается принципиальная схема системы стабилизации угловой скорости вращения вала двигателя с моментом нагрузки M_c , приведенным к валу двигателя. Структурная схема данной системы представлена на рис. 1, где ЭС - элемент сравнения, RC - цепь из емкостей и сопротивлений, У- электронный усилитель, ЭМУ - электромашинный усилитель, Г - генератор, Д - двигатель постоянного тока, ТГ - тахогенератор, УУ СПС - управляющее устройство с переменной структурой, U_0 - задающее воздействие равное 5 В, ω - угловая скорость вращения вала двигателя, рад/с, M_c - момент нагрузки, приведенный к валу двигателя, Нм.

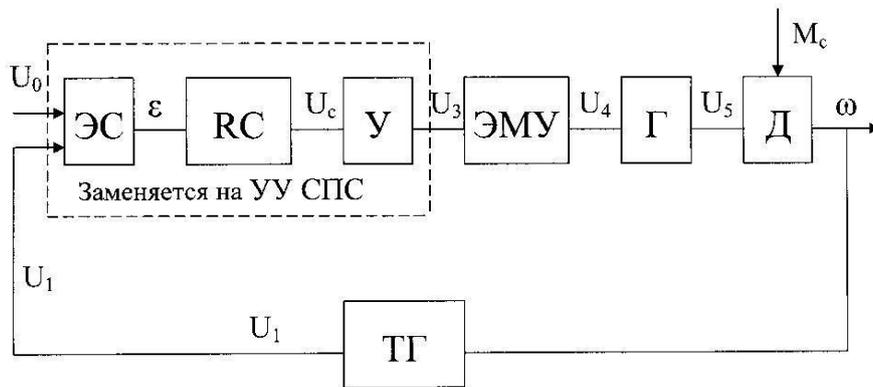


Рисунок 1. Структурная схема системы

Применение управления по принципу обратной связи и с фиксированной структурой сопряжено с не нулевой установившейся ошибкой стабилизации и колебательным в общем случае характером процесса стабилизации по ошибке ϵ . В этой связи в статье предлагается новый подход к построению управления, основанный на применении в рамках принципа обратной связи управления с переменной структурой [1]. С этой целью часть элементов в функциональной схеме заменяется на УУ СПС (рис. 1).

Задача. Найти такое управление U с переменной структурой, чтобы: 1) время переходного процесса t_{nn} не превышало одной секунды, $t_{nn} \leq 1c$; 2) установившаяся ошибка и перерегулирование были нулевыми; 3) затухание ошибки до нулевых значений осуществлялось по экспоненте и занимало большую часть времени t_{nn} . Моделирование проведем в пакете Matlab.

Систему уравнений системы, представленной на рис. 1, запишем в виде формы Фробениуса:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= x_3, \\ \dot{x}_3 &= -\frac{a_3}{a_0}x_1 - \frac{a_2}{a_0}x_2 - \frac{a_1}{a_0}x_3 - \frac{K_{раз}}{a_0}U + \frac{K_{ТГ}K_{д}^f}{a_0}M_c + \frac{a_3}{a_0}u_0, \end{aligned} \tag{1}$$

где $x_1 = \varepsilon$, $x_2 = \dot{\varepsilon} = \dot{x}_1$, $x_3 = \dot{x}_2 = \ddot{\varepsilon}$, $a_0 = T_{\varepsilon} T_{\Gamma} T_{\delta}$, $a_1 = (T_{\varepsilon} + T_{\Gamma}) T_{\delta} + T_{\varepsilon} T_{\Gamma}$,
 $a_2 = T_{\varepsilon} + T_{\Gamma} + T_{\delta}$, $a_3 = 1$, $K_{раз} = K_{\varepsilon} K_{\Gamma} K_{\delta} K_{T\Gamma}$.

Управление U задаем в виде суммы

$$U = U_P + U_{ном}, \quad (2)$$

где U_P - разрывное управление, которое необходимо найти, $U_{ном}$ - номинальное постоянное управление. Полагая известными (измеряемыми или вычисляемыми) u_0 и M_C зададим $U_{ном}$ постоянным и равным такому значению, чтобы скомпенсировать их влияние в системе (1) на процессы управления:

$$U_{ном} = \frac{1}{K_{раз}} (K_{T\Gamma} K_{\delta} M_C + a_3 u_0) \quad (3)$$

Числовые значения коэффициентов передач, постоянных времени и момента нагрузки полагаем далее известными и равными:

$$K_{\varepsilon} = 75; \quad K_{\Gamma} = 2; \quad K_{\delta} = 0.5 \text{ рад/с}; \quad K_{\delta}^f = 0.0005 \frac{\text{рад/с}}{\text{Нм}};$$

$$K_{T\Gamma} = 0.666 \frac{\text{В}}{\text{рад/с}}; \quad K_{раз} = K_{\varepsilon} K_{\Gamma} K_{\delta} K_{T\Gamma} = 50;$$

$$T_{\varepsilon} = 0.1 \text{ с}; \quad T_{\Gamma} = 0.5 \text{ с}; \quad T_{\delta} = 0.3 \text{ с};$$

$$M_C = 2000 \text{ Нм}. \quad (4)$$

Зададим плоскость скольжения в виде

$$S(s = C_1 x_1 + C_2 x_2 + C_3 x_3 = 0), \quad (5)$$

где C_i - постоянные коэффициенты, которые требуется найти по заданному времени переходного процесса t_{mn} , нулевому перерегулированию и установившейся ошибке.

Уравнения скользящего режима определим по методу эквивалентного управления В.И. Уткина [2]:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = -\frac{C_1}{C_3} x_1 - \frac{C_2}{C_3} x_2, \end{cases} \quad (6)$$

для которой в силу условия $s = C_1 x_1 + C_2 x_2 + C_3 x_3 = 0$, имеющего место в скольжении, координата x_3 исходной системы (1) принимает выражение

$$x_3 = -\frac{C_1}{C_3} x_1 - \frac{C_2}{C_3} x_2, \quad (7)$$

а характеристическое уравнение принимает вид

$$p^2 + \frac{C_2}{C_3} p + \frac{C_1}{C_3} = 0. \quad (8)$$

Задавая коэффициент $C_3 = 1$, определяем C_1, C_2 , полагая корни $p_1 = -5, p_2 = -7$, получаем $C_1 = 35, C_2 = 12$. Перерегулирование и частота колебаний будут минимальными в

силу задания корней P_1, P_2 вещественными отрицательными, а установившаяся ошибка нулевой в силу только отрицательности вещественной части корней.

Для определения разрывной составляющей U_p полного управления U (2), подставим в исходную систему (1) выражение номинального управления $U_{ном}$ (3). Получаем систему:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= x_3; \\ \dot{x}_3 &= -\frac{a_3}{a_0}x_1 - \frac{a_2}{a_0}x_2 - \frac{a_1}{a_0}x_3 - \frac{K_{раз}}{a_0}U_p. \end{aligned} \quad (9)$$

Для нахождения управления U_p воспользуемся алгоритмом построения В.И. Уткина [2]

$$U_p = \psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \psi_3 x_3; \quad \psi_i = \begin{cases} \alpha_i & \text{при } sx_i > 0; \\ \beta_i & \text{при } sx_i \leq 0. \end{cases} \quad i = \overline{1,3}, \quad (10)$$

не накладывающим ограничений на задание плоскости скольжения и тем самым на качество определенного выше системой (6) и коэффициентами C_1, C_2 и $C_3 = 1$ скользящего режима. С этой целью запишем систему (9) в матричном виде

$$\dot{x} = Ax + bU_p, \quad (11)$$

$$\text{где } A = (a_{ij}) - 3 \times 3, \quad b = (b_{ij}) - 3 \times 1, \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b_3 \end{pmatrix},$$

$$a_{31} = -\frac{a_3}{a_0}, \quad a_{32} = -\frac{a_2}{a_0}, \quad a_{33} = -\frac{a_1}{a_0}; \quad b_1 = 0, \quad b_2 = 0, \quad b_3 = -\frac{K_{раз}}{a_0}.$$

Составляющие $\alpha_i, \beta_i, i = \overline{1,3}$, алгоритма (10) должны удовлетворять неравенствам:

$$\begin{aligned} C^T b \alpha_1 &< -C^T a^1; & C^T b \beta_1 &> -C^T a^1; \\ C^T b \alpha_2 &< -C^T a^2; & C^T b \beta_2 &> -C^T a^2; \\ C^T b \alpha_3 &< -C^T a^3; & C^T b \beta_3 &> -C^T a^3, \end{aligned} \quad (12)$$

в которых

$$C^T b = (C_1 C_2 C_3) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b_3 \end{pmatrix} = C_3 b_3; \quad C^T a^1 = (C_1 C_2 C_3) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ a_{31} \end{pmatrix} = C_3 a_{31};$$

$$C^T a^2 = (C_1 C_2 C_3) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ a_{32} \end{pmatrix} = C_1 + C_3 a_{32}; \quad C^T a^3 = (C_1 C_2 C_3) \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ a_{33} \end{pmatrix} = C_2 + C_3 a_{33}.$$

С учетом положительности коэффициентов C_i и отрицательности коэффициентов $a_{3i}, i = \overline{1,3}$, неравенства (12) принимают вид:

$$\begin{cases} \alpha_1 > -\frac{|a_{31}|}{|b_3|}, \\ \alpha_2 > \frac{C_1 - C_3|a_{32}|}{C_3|b_3|}, \\ \alpha_3 > \frac{C_2 - C_3|a_{33}|}{C_3|b_3|}, \end{cases} \quad \begin{cases} \beta_1 < -\frac{|a_{31}|}{|b_3|}; \\ \beta_2 < \frac{C_1 - C_3|a_{32}|}{C_3|b_3|}; \\ \beta_3 < \frac{C_2 - C_3|a_{33}|}{C_3|b_3|}. \end{cases} \quad (13)$$

Таким образом, сформировано полное разрывное управление УУ СПС для стабилизации угловой скорости вращения вала двигателя в заданной электромеханической системе. Ниже приведем результаты моделирования в пакете Matlab.

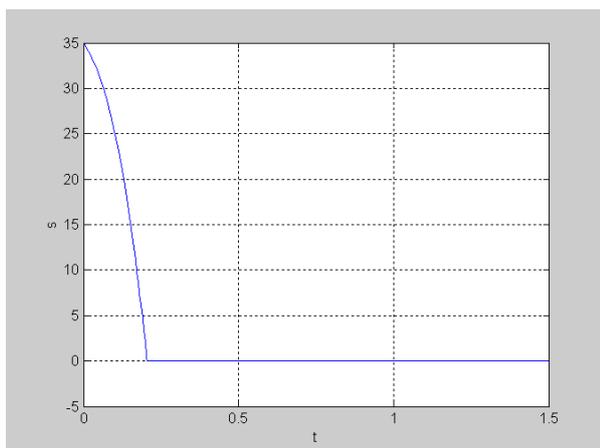


Рисунок 2. Процесс приведения системы в скользящий режим

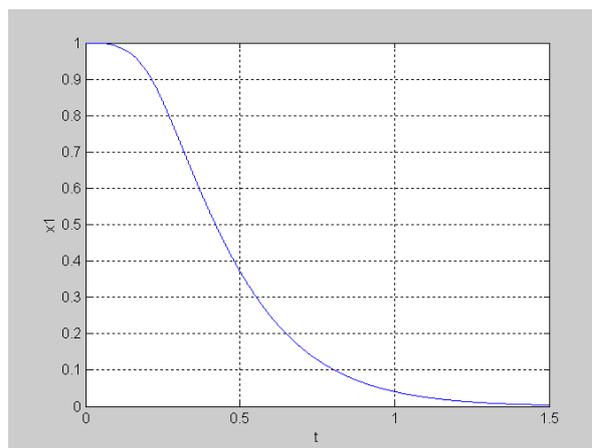


Рисунок 3. Процесс управления по координате ошибки

Из рис. 2 видно попадание изображающей точки на плоскость и последующее скольжение, причем чем в большей степени неравенства (13) выполняются, тем быстрее осуществляется попадание на плоскость скольжения. Из рис. 2 следует, что ошибка управления затухает с нулевым перерегулированием до значения 0,05 менее чем за одну секунду, причем с момента начала скольжения оно протекает по экспоненте вплоть до нулевых значений.

1. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой. М.: Наука, 1967. 336 с.
2. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. М.: Наука, 1974. 272 с.

Скок А.С.

Ключевые аспекты управления на всех этапах жизненного цикла газа

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-733

Аннотация

В работе рассматриваются ключевые аспекты оптимизации операций, связанных с газовой промышленностью, с упором на обеспечение высокого стандарта качества продукции. Применение системного подхода и методов управления качеством позволяет эффективно координировать процессы в данной сфере и достигать желаемых показателей результативности.

Ключевые слова: структурная модель, управление качеством, добыча газа, переработка газа, транспорт газа.

Abstract

The paper discusses the key aspects of optimizing operations related to the gas industry, with an emphasis on ensuring a high standard of product quality. The use of a systematic approach and quality management methods allows you to effectively coordinate processes in this area and achieve the desired performance indicators.

Keywords: structural model, quality management, gas production, gas processing, gas transportation.

Гарантированное качество при добыче, переработке и транспортировке ценных ресурсов становится все более важным аспектом производства и потребления. Для обеспечения высокого качества добычи газа требуется строгий контроль и наблюдение на месторождениях. [2] Это включает в себя:

- Тщательное изучение геологической структуры месторождений позволяет точно определить местоположение и размеры газовых запасов. Это ключевой шаг в обеспечении качества добычи.
- Разработка и внедрение передовых технологий и методов добычи газа способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и повышению эффективности.
- Системы мониторинга должны непрерывно следить за параметрами газа, такими как его состав, давление и температура
- Перед отправкой газа на рынок он проходит процесс переработки, который также требует строгого управления качеством. Этот этап включает в себя следующие аспекты:
 - На этапе очистки, газ подвергается процедурам удаления загрязнений и примесей, таких как сероводород, диоксид углерода и метан. Чистый газ обеспечивает более высокое качество и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.
 - Газ может быть разделен на различные фракции, такие как метан, этан, пропан и бутан. Это позволяет использовать каждую фракцию в соответствии с ее предназначением и спецификациями.
 - Непрерывный мониторинг параметров газа и его состава обеспечивает соответствие стандартам качества и безопасности. [1]
 - Последний этап в жизненном цикле газа - это его транспорт. Здесь также существует несколько ключевых аспектов управления качеством:
 - Трубопроводы и танкеры должны быть разработаны и поддерживаться таким образом, чтобы минимизировать потери качества газа при его перемещении.
 - Транспорт газа должен сопровождаться высокими стандартами безопасности и мониторингом параметров, чтобы избежать утечек и аварий.

Структурная модель управления, включающая геологические исследования, инженерные решения, контроль качества и технологические инновации, является ключевым элементом обеспечения этой стабильности и качества. Важно продолжать развивать и совершенствовать эту модель, чтобы гарантировать устойчивое и безопасное энергоснабжение нашего мира.

Конкуренция, как совокупность взаимоотношений между предприятиями, занимающимися добычей, переработкой и транспортом газа, стимулирует стремление к повышению конкурентоспособности. Борьба за приоритет на мировом рынке требует, чтобы предприятия адаптировались к новым условиям конкуренции и требованиям рынка. Вследствие изменяющихся рыночных требований, производственные и бизнес-процессы проходят через этапы эффективности, гибкости и инноваций, которые важны для обеспечения высокого качества. В настоящее время газодобывающие предприятия достигли

этапа повышения производительности и качества, что является обновленным интегральным показателем конкурентного преимущества.

Согласно последним исследованиям и публикациям, большинство газодобывающих компаний считают внедрение системы менеджмента качества согласно стандарту ДСТУ ISO 9001:2008 важным для повышения качества добычи, переработки и транспорта газа (ДПТГ). Исследования в этой области либо касаются общих теоретических основ по созданию систем управления качеством, либо рассматривают организацию систем качества для управления подобного типа предприятиями или отдельными объектами транспортировки газа. В то время как вопросам исследования, внедрения и управления СУК ДПТГ газодобывающими предприятиями уделяется недостаточное внимание. [2]

Одной из главных задач, способствующих достижению этой цели, является структуризация и формализация вопросов управления качеством на этих этапах. Это включает в себя анализ технологических процессов, используемых для добычи, переработки и транспортировки газа, а также изучение жизненного цикла газа в качестве продукта. Основные принципы и этапы управления качеством также будут обоснованы. ГДП представляют собой сложные системы, которые требуют непрерывного технологического процесса и управления. Эти предприятия имеют уникальные особенности, такие как далекое расположение скважин от объектов сбора и подготовки газа, а также изменяющиеся характеристики газового пласта. Исследование управления качеством на этих этапах является сложной задачей из-за неопределенности и изменчивости состояния газа и производительности скважин.

Функция планирования (конструирование) производства включает этапы анализа и оценки результатов геологоразведки и добычи, поскольку на этапе добычи уточняются данные геологоразведки, которые могут быть неточными и неполными в отношении характеристик качества. Дополнительный анализ газа во время добычи предоставляет ожидаемый уровень качества, выраженный в числовых показателях.

Функция контроля реализуется для определения реакции рынка на поставленный продукт и возможность его реализации. На этом этапе должна осуществляться проверка доставки потребителям, которая также включает оценку степени удовлетворенности.

Изучение рынка (функция воздействия) также должно учитывать требования потребителей в других странах, где стандарты качества для одного и того же продукта могут отличаться. Важную роль играет система управления качеством, так как конкурентоспособность газодобывающих предприятий зависит от этой характеристики. Система управления качеством взаимодействует с производственными процессами, используя показатели качества газа по ГОСТам для данного вида продукции и учитывая требования потребителей.

- Анализ результатов мониторинга качества газа включает сравнение полученных основных показателей с выбранными на предыдущих этапах. После первой серии исследований важно определить, соответствуют ли полученные показатели качества продукции требованиям потребителя, так как удовлетворенность потребителя является основой всей системы качества. Если показатели не соответствуют этим требованиям, необходимо принимать меры для управления качеством продукции. Важно помнить, что потребитель может быть не только конечным потребителем продукции, но и следующим звеном в цепочке, таким как транспортный этап.
- В этапе формирования рекомендаций по управлению качеством используются соответствующие методы для принятия решений, рассматривая все имеющиеся рекомендации.
- Этап принятия решений включает разработку системы поддержки принятия решений, учитывая особенности конкретной продукции. Отбираются наиболее подходящие рекомендации из обширного списка на основе информации из мониторинга.

- Реализация рекомендаций может быть поэтапной для каждого производственного процесса или одновременной. Квалификация персонала влияет на качество проведенных мероприятий.
- Контроль за выполнением принятых решений включает сбор и анализ информации о системе качества, а также оценку эффективности работы. Отклонения от принятых рекомендаций должны быть минимальными.
- После всех мероприятий по управлению качеством проводится повторный контроль качества с точки зрения потребителя. Если показатели удовлетворяют требованиям, оценивается эффективность работы системы управления качеством. [1]
- В случае, если показатели не соответствуют требованиям, проводится этап уточнения исходных данных, так как это может указывать на неопределенность в сборе и подготовке информации.
- Оценка результативности включает этапы квалиметрии для определения показателя результативности и принятия решений относительно работы системы управления качеством в целом. Этот этап не обязателен для обеспечения качества продукции, но важен для конкурентоспособности.
- Для оценки результативности используется шкала значимости процесса и оценка результативности системы управления. Если результат близок к 1, система работает эффективно и не требует коррекции.
- После оценки результативности и определения необходимости коррекции принимаются решения по улучшению работы системы управления качеством.

Таким образом, на основе анализа существующих подходов разработана структурная модель управления качеством в добыче, переработке и транспорте газа. Эта модель позволяет определить последовательность процедур для оценки качества газа и построить систему управления качеством, охватывающую все этапы от добычи до доставки потребителям. Каждая процедура может быть декомпозирована на более мелкие задачи в рамках системного анализа.

1. Ильин И. В., Антипин А. Р., Лёвина А. И. Моделирование бизнес-архитектуры процессно- и проектно-ориентированной компании / Экономика и управление. 2013. No 9(95). С. 32—38.
2. Kozhukhov, Y. V., Marchenko, R. S., Ilyin, I. V., Aksenov, A.A., Nguyen, M. H. An architectural approach to process control of gas compressor stations with a low temperature separation gas preparation unit based on a digital twin. E3S Web of Conferences, 140,10007, 2019.

Скок А.С.

Оптимизация гидрирования через автоматическое управление

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-734

Аннотация

Статья обсуждает использование сенсоров, регуляторов и исполнительных механизмов для автоматического управления параметрами гидрирования и оптимизации состояния границы раздела фаз. Данная статья подчеркивает важность автоматизации в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и ее роль в обеспечении успешного гидрирования.

Ключевые слова: гидрирование, граница раздела фаз, катализаторы, контроль состояния, оптимизация.

Abstract

The article discusses the use of sensors, regulators and actuators for automatic control of hydrogenation parameters and optimization of the state of the phase interface. This article highlights

the importance of automation in the chemical and oil refining industries and its role in ensuring successful hydrogenation.

Keywords: hydrogenation, phase interface, catalysts, condition control, optimization.

Основными целями гидрирования являются улучшение свойств продукта, уменьшение загрязнений и обеспечение высокой производительности. Но для достижения эффективного гидрирования необходимо обеспечить контроль над границей раздела фаз в реакционной смеси, чтобы получить желаемые свойства продукта. Граница раздела фаз представляет собой граничную область между газовой и жидкой фазами в реакционной системе гидрирования. Это место, где происходят реакции газ-жидкость, и определяет конверсию и выход продукта. Гидрирование часто протекает в условиях высокого давления и температуры, что делает его сложным процессом, требующим тщательного контроля границы раздела фаз. [2]

Для достижения заданных свойств в процессе гидрирования необходимо управлять состоянием границы раздела фаз. Это можно сделать с помощью автоматической системы управления, которая включает в себя сенсоры, регуляторы и исполнительные механизмы. Важными аспектами автоматического управления границей раздела фаз в гидрировании являются:

- a) Датчики и сенсоры могут измерять параметры, такие как давление, температура, состав газовой и жидкой фаз, и другие. Эти данные помогают системе управления определить текущее состояние границы раздела фаз.
- b) Регуляторы анализируют данные, полученные от сенсоров, и сравнивают их с заданными целями процесса гидрирования. Они затем генерируют управляющие сигналы для исполнительных механизмов. [3]
- c) Исполнительные механизмы - эти механизмы регулируют параметры процесса, такие как расход водорода, температура и давление, чтобы поддерживать оптимальное состояние границы раздела фаз.

Автоматическое управление состоянием границы раздела фаз в процессе гидрирования является ключевым аспектом обеспечения достижения заданных свойств продукта. Оно позволяет оптимизировать процесс, улучшить качество продукции и обеспечить безопасность операторов. Создание системы разработки нефтегазового месторождения начинается на ранних стадиях жизненного цикла месторождения. [1]

Использование автоматического управления состоянием границы раздела фаз в гидрировании предоставляет несколько достоинств:

- a) система может непрерывно контролировать и корректировать процесс, что позволяет достичь более высокого качества продукта с улучшенными свойствами.
- b) управление позволяет увеличить производительность, так как система может оптимизировать условия гидрирования и уменьшить временные простои.
- c) контроль позволяет уменьшить риски человеческой ошибки и обеспечивает безопасность операторов и окружающей среды.

Одним из основных этапов при разработке нефтяного месторождения является выбор методов (режимов) разработки для выделенных эксплуатационных объектов. Первичным методом разработки нефтегазовой залежи является натуральный процесс, включающий естественные силы, которые обеспечивают перемещение нефти или газа в пористой системе пласта к добывающим скважинам. Вторичные методы разработки, или методы поддержания пластового давления (ППД), включают в себя инъекцию рабочих агентов, таких как вода (заводнение) и природный газ. Третичные методы разработки в зависимости от воздействия на составные параметры в уравнении для коэффициента нефтеотдачи подразделяются на метод повышения нефтеотдачи (МПН) и метод увеличения нефтеотдачи (МУН).

Для более глубокого понимания процессов повышения нефтеотдачи, необходимо изучать поведение поверхностных и приповерхностных слоев в терригенных и карбонатных структурах, которые являются хранилищами нефти. Это особенно важно, поскольку любой процесс на границе раздела фаз, такой как плавление, растворение и химические реакции, может влиять на состав продуктов.

Один из новых методов воздействия на пласт - химическое разложение молекул пластовой воды с использованием энергоаккумулирующих веществ (ЭАВ). В этом случае вода служит источником водорода и кислорода, что позволяет проводить процессы гидрирования и синтеза новых соединений в пластовых условиях. Этот метод предоставляет возможность изменять химический состав тяжелых углеводородов через гидрирование нефти в пластовых условиях с помощью химической реакции, активируемой алюминием.

Проведенные промышленные испытания метода показали увеличение текучести нефти и увеличение производительности скважины в первые сутки испытания, однако также были выявлены негативные последствия в виде засорения скважины оксидом алюминия, что требовало дополнительных исследований для предотвращения таких негативных эффектов. Исследования состояния границы раздела фаз показали возможность управления структурой границы раздела при помощи импульсного воздействия на частоте разложения воды. Исследования в этой области выявили новые возможности для управления состоянием границы раздела фаз при помощи внешнего воздействия на частоте разложения воды, что может быть полезно для получения заданных свойств нефтяных композиций. Экспериментальные данные, полученные в рамках исследования, представляют собой важные научные и практические результаты, которые могут быть применены в нефтяной и газовой промышленности. Изучение воздействия на границу раздела фаз при помощи акустических волн и управление ею путем изменения частотных характеристик откликов может быть востребовано для оптимизации процессов добычи и обработки углеводородных сырьевых материалов.

Важной особенностью исследования является обнаружение эффекта слоистой структуры границы раздела фаз вода-твердое тело. Этот эффект позволяет более точно контролировать взаимодействие между разделяемыми фазами и, следовательно, управлять химическими процессами на этой границе.

Все вышеуказанные результаты подчеркивают важность дальнейших исследований и разработок в области управления границей раздела фаз при химических импульсных воздействиях. Эти исследования могут привести к разработке новых технологий и методов, которые будут способствовать повышению эффективности и энергоэффективности процессов нефтегазодобычи и переработки.

В целом, исследование состояния границы раздела фаз и ее влияния на химические процессы при химических импульсных воздействиях представляет собой важную область исследований, которая имеет потенциал для значительных инноваций и улучшений в нефтегазовой промышленности и смежных областях. В заключении, следует подчеркнуть следующие основные точки:

- a) Для изучения механизма управления границей раздела фаз в композициях нефть-вода была разработана экспериментальная установка, позволяющая измерять спектральный состав откликов при акустическом воздействии на частоте разложения воды.
- b) Физическое моделирование, проведенное для изучения структуры границы раздела фаз между водой и твердым телом, выявило, что любая неоднородность, которая мешает передвижению волнового сигнала, вызывает отклик на основной частоте и на частотах гармонического ряда. Этот отклик может приводить к смещению частотных характеристик как в более низкую, так и в более высокую частоту.
- c) Наблюдаемый эффект появления слоистой структуры границы раздела между водой и твердым телом позволяет управлять механизмом

взаимодействия между разделяемыми фазами при воздействии внешними силами.

Эти выводы открывают новые перспективы для улучшения и оптимизации процессов гидрирования и управления химическим составом углеводородов в нефтяной промышленности с использованием химических импульсных воздействий.

Итак, автоматическое управление состоянием границы раздела фаз в гидрировании является мощным инструментом для достижения желаемых свойств продукта, увеличения производительности и оптимизации производственных процессов. Современные технологии автоматизации и управления позволяют компаниям в химической и нефтеперерабатывающей промышленности оставаться конкурентоспособными и обеспечивать высокое качество продукции.

1. Состояние и тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности России – [Электронный ресурс]. – URL:<http://filling-form.ru/turizm/89051/index.html?page=17>
2. Ал Джанаби, А. Н. Методы и инструменты формирования промышленной политики в нефтеперерабатывающем секторе России// Экономика и предпринимательство. – 2017. – №11(88). – С. 1244-1248.
3. Адушев, М. Н. Современные проблемы нефтеперерабатывающей промышленности России// Вестник Пермского университета. – 2015. – №1(24). – С. 55-68.

Смышляев А.А.

Установка для исследования физико-механических свойств зерна

*Алтайский государственный аграрный университет
(Россия, Барнаул)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-735

Аннотация

В статье затронуты вопросы исследования физико-механических свойств зерен сельскохозяйственных культур с помощью лабораторной установки посредством таких критериев, как коэффициент восстановления нормальной скорости удара и число ударов, необходимых для разрушения зерновки. Данные показатели играют важную роль при проектировании измельчителей ударного действия. Представлены рекомендуемые значения параметров лабораторной установки для исследования зерен ячменя и пшеницы.

Ключевые слова: измельчение, удар, зерно, коэффициент восстановления нормальной скорости удара, физико-механические свойства зерна, нормальные напряжения.

Abstract

The article deals with the study of the physical and mechanical properties of crop grains using a laboratory unit through criteria such as the recovery rate of normal impact speed and the number of impacts required to destroy the grain. These indicators play an important role in the design of impact grinders. The recommended values of the parameters of the laboratory unit for the study of barley and wheat grains are presented.

Keywords: grinding, impact, grain, recovery factor of normal impact rate, physical and mechanical properties of grain, normal stresses.

В технологическом процессе производства кормов операции по измельчению зерновых материалов являются наиболее сложными и энергоёмкими. Благодаря простоте конструкции, высокой надёжности и ремонтпригодности в настоящее время для измельчения исходного сырья на производстве широко применяются измельчители ударного принципа действия (молотковые дробилки, ударно-центробежные дробилки, дезинтеграторы и др.). При ударном нагружении большую роль играют физико-механические свойства измельчаемых материалов,

которые необходимо знать для обоснования способов измельчения и проектирования оборудования [1,2].

Полное разрушение зерен большинства сельскохозяйственных культур достигается при ударных нагрузках со скоростями 60...100 м/с [1,2]. Проведение экспериментальных исследований с такими значениями скорости движения исходного материала требует высокой технической оснащенности лаборатории, больших затрат средств и времени, и при этом не гарантирует точности измерений.

Для экспериментального исследования физико-механических свойств зерен сельскохозяйственных культур, предлагается лабораторная установка (рис. 1), состоящая из направляющей трубки 1, внутри которой свободно перемещается груз-ударник 2 с вмонтированным в него маркером 3. Направляющая трубка 1 закреплена с помощью держателя 4 на плите 6 и имеет шкалу от 1 до 100 см, позволяющую регулировать первоначальную высоту падения груза-ударника 2. Исследуемая зерновка 5 помещается на плите 6 в месте падения груза-ударника 2. Высота отскока груза определяется с помощью листа бумаги, на котором фиксируется движение маркера 3.

Данная установка может быть использована для исследования физико-механических свойств зерна через такие показатели, как коэффициент восстановления нормальной скорости удара k и число ударов, необходимых для разрушения зерновки n .

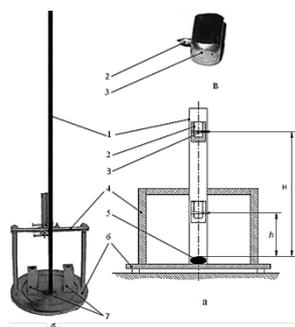


Рисунок 1. Лабораторная установка для исследования физико-механических свойств зерен сельскохозяйственных культур: а – схема; б – общий вид; в – груз-ударник; 1 – направляющая трубка; 2 – груз-ударник; 3 – маркер; 4 – держатель направляющей трубки; 5 – исследуемая зерновка; 6 – плита; 7 – регулирующие опоры.

Вследствие того, что технически очень сложно решить задачу определения коэффициента восстановления при свободном ударе зерновки о неподвижную поверхность, то в предлагаемой установке реализуется метод обращенного движения, позволяющий определить коэффициент восстановления металлического тела при ударе о зерновку. При выборе данного метода, мы опирались на широко используемые в материаловедении методики определения коэффициента восстановления скорости удара образцов металлов при помощи копра маятникового типа [3].

Задавая первоначальную высоту падения груза-ударника H и замеряя его высоту отскока h , определяется значение коэффициента восстановления скорости удара металлического тела, относительно зерновки k :

$$k = \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (1)$$

В данном случае принимается допущение, что коэффициент восстановления зерновки относительно металлического тела есть та же величина, что и коэффициент восстановления металлического тела относительно зерновки [3,4].

Величину нормальных напряжений, возникающих в объеме зерновки в первой фазе удара, можно приближенно рассчитать по следующей формуле:

$$\sigma_3 \approx \sqrt{2MgHE/V_3} \quad (2)$$

где σ_3 – нормальные напряжения, возникающие в объеме зерновки, МПа;
 V_3 – объем зерновки, м³;

E – динамический модуль упругости (для зерен ячменя $E \approx 1000$ МПа)

M – масса груза-ударника, кг;

H – высота падения груза-ударника, м.

Многие исследователи сходятся во мнении, что механизм ударного разрушения зерновок сельскохозяйственных культур подобен малоцикловой усталости. Это означает, что приложение к зерну высоких напряжений приводит к ее разрушению за относительно малое число циклов, а достаточно низкие напряжения вообще не вызывают разрушения при любом числе циклов (в нашем случае ударов) [2,4,5]. Данная установка позволяет провести исследования, в ходе которых можно определить число ударов необходимых для полного разрушения зерновки при приложении различной нагрузки. Поскольку при напряжениях близких к динамическому пределу прочности в объеме зерновки наряду с упругими деформациями значительную долю занимают пластические деформации, то в уравнении (2) вместо модуля упругости E , необходимо использовать модуль пластичности $E_1 \approx 9,5 \dots 10$ МПа [5]. В результате такого шага формула (3) принимает следующий вид:

$$\sigma \approx \sqrt{2 \cdot MgHE_1/V_3}. \quad (4)$$

Порядок проведения опытов следующий. В зону удара, на опорной плите плашмя помещается зерновка какой-либо из культур. Затем груз определенной массы M выставляется на соответствующую высоту H и отпускается. Зерновка подвергается ударному нагружению до тех пор, пока не происходит полное разделение ее на части. При массе груза и высоте падения, соответствующих минимальным значениям напряжений необходимо подвергать зерновку ударным нагружениям не менее 100 раз. Для экспериментов необходимо использовать только крупные и целые зерна без видимых повреждений наружной оболочки.

При подборе массы груза-ударника M для культур нужно учитывать, что при падении с высоты $H = 1,0$ м должно происходить полное разрушение всех зерен, а при падении с $H = 0,2$ м не должны образовываться даже видимые трещины. При стандартной относительной влажности зерен 11...14 % рекомендуемые значения $M = 0,021$ кг для ячменя и $M = 0,008$ кг для пшеницы.

1. Федоренко, И. Я. Техника и технологии в животноводстве / И. Я. Федоренко, В. В. Садов. Том 1. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2014. – 207 с.
2. Садов, В. В. Производство комбикормов в хозяйственных условиях / В. В. Садов. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2009. – 96 с.
3. Зегжда, С.А. Теоретическая механика: учебник для бакалавров. / С.А. Зегжда, Н.Н. Поляхов, М.П. Юшко. – Москва: Изд-во «Юрайт», 2012. – 591 с.
4. Курманов, А. К. К вопросу динамики ударного измельчения / А. К. Курманов, Н. А. Камышева // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2019. – № 1. – С. 119-124.
5. Федоренко, И. Я. Энергетические соотношения при ударном измельчении зерна / И. Я. Федоренко, А. А. Смышляев, А. М. Левин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 11. – С. 31-32.

Соколов Н.С.

Алгоритм устройства ограждения строительного котлована

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-736

Аннотация

Строительство объектов в стесненных условиях всегда является сложной геотехнической проблемой, связанной с обеспечением базаварийной эксплуатации зданий и сооружений окружающей застройки. В арсенале геотехников накоплен большой потенциал геотехнических технологий устройства ограждений котлованов. Зачастую не все подходят для

условий их использования в стесненных условиях. Наиболее приспособлены для таких случаев технологии, используемые пробуренные скважины (скважины под буровые сваи и грунтовые анкера) с последующим заполнением их бетоном и при этом не нарушающие напряженно-деформированного состояния окружающего их грунта. Использование буроинъекционных свай и грунтовых анкеров, устраиваемых по электроразрядной технологии (технология ЭРТ) во многих случаях успешно разрешает проблему строительства в стесненных условиях. В статье приводится один из геотехнических случаев устройства ограждения котлована в особо стесненных условиях. Работа является обзорной.

Ключевые слова: геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, грунтовые анкера ЭРТ.

Abstract

Construction in confined conditions is a complex geotechnical task related with fault-free operation of buildings and surrounding structures. Geo-technicians have accumulated a huge range of technologies for pit excavation. Not all of them are suitable for confined conditions. Most flexible in this case are those using bored holes (for bore piles and soil anchors) followed by concrete filling and having no effect on the stress-strain state of the surrounding soil. Using continuous flight augers and soil anchors using the electrical discharge technology (EDT) is quite successful in confined conditions. The article gives an example of pit excavation in extra confined conditions. The article represents an overview.

Keywords: geotechnical construction, electric discharge technology, EDT continuous flight auger, EDT ground anchors.

Строительство зданий и сооружения в стесненных условиях требует от строителей и геотехников пристального внимания [1-7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], связанного с необходимостью сохранения объектов окружающей застройки. В рассматриваемой статье приведен удачный пример устройства ограждения котлована строящегося здания, размещенного в окружении существующих сооружений.

В административном отношении участок строительства шестиэтажного жилого расположен в стесненных условиях городской застройки. Он возведен на свободной от застройки территории. В окружении строящегося дома в зоне геотехнического влияния имеются шесть объектов существующей застройки (см. рис.1), в том числе два объекта ОКН (объекты культурного наследия).

В геоморфологическом отношении участок изысканий расположен на водораздельном плато рек Оки и Волги. Отметки поверхности земли в пределах участка изменяются от 135.9 до 136.3 Б.С. (по устьям инженерно-геологических выработок). Рельеф спланированный.

Инженерно-геологическое строение участка до глубины 20.0 м представлено нерасчлененными верхне-среднечетвертичными лессовыми супесями (prQII-III), вскрытой мощностью 1.7-2.5 м, нерасчлененными верхне-среднечетвертичными лессовыми суглинками (prQII-III), мощностью 14.5-16.6 м, с поверхности отложения перекрыты насыпным грунтом (tQIV), мощностью 1.7-3.0 м.

Все инженерно-геологические выработки нанесены на план расположения инженерно-геологических выработок. Геолого-литологическое строение участка характеризуется колонками скважин и инженерно-геологическими разрезами. Гидрогеологические условия участка до глубины 20.0 м на момент проведения изысканий (июль-август 2017 г.) характеризуются наличием водоносного горизонта, приуроченного к четвертичным отложениям. Уровень подземных вод зафиксирован на глубинах 4.5-6.4 м. Водоносный горизонт безнапорный, водовмещающими грунтами являются лессовые суглинки. Водоупор скважинами не вскрыт. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникация.

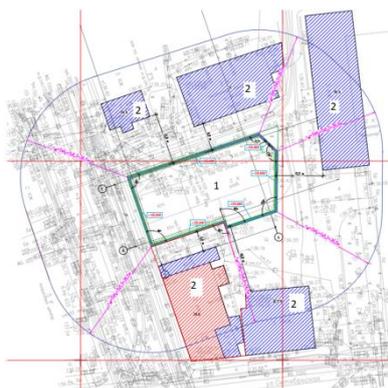


Рисунок 1. Границы зоны геотехнического влияния.

На основании геотехнических расчетов влияния нового строительства на деформации зданий окружающей застройки (геотехнический прогноз влияния) был разработан рабочий проект ограждения котлована с использованием буринъекционных свай ЭРТ и грунтовых анкеров ЭРТ (см. рис. 2-4, фотографии готового ограждения котлована на рис. 6а и 6б).

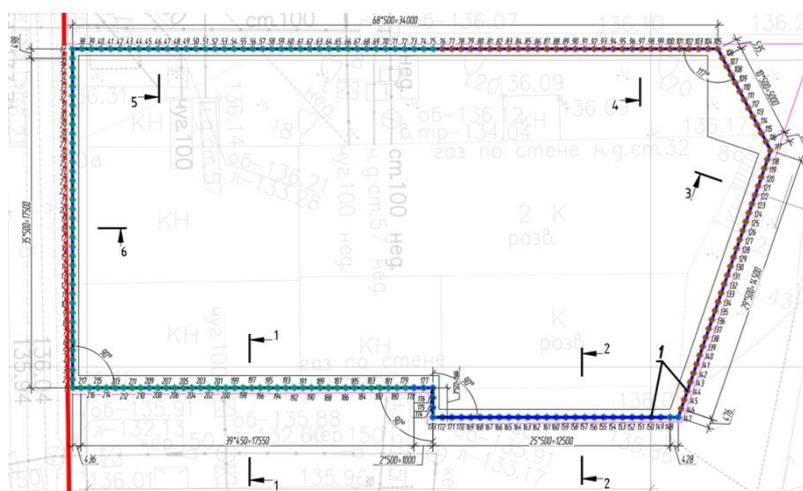


Рисунок 2. План расположения буринъекционных свай ЭРТ ограждения котлована

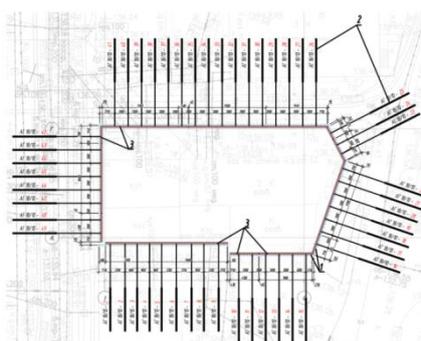


Рисунок 3. Схема размещения грунтовых анкеров ЭРТ ограждения котлована: 1 - буринъекционные сваи ЭРТ; 2 - грунтовые анкера ЭРТ первого уровня; 3 - монолитный железобетонный обвязочный пояс.

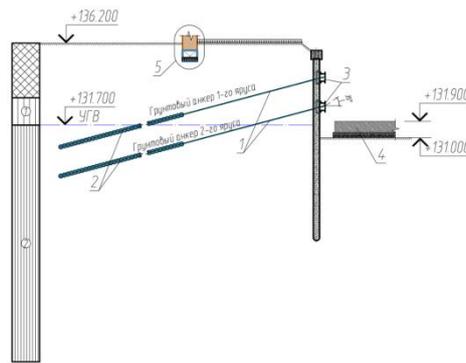


Рисунок 4. Характерный разрез ограждения котлована: 1, 2 - грунтовые анкера ЭРТ первого и второго уровней; 3 - стальные анкерные пояса; 4 – монолитный плитный железобетонный фундамент строящегося 6 этажного объекта; 5 - фундамент одного из зданий существующей застройки.

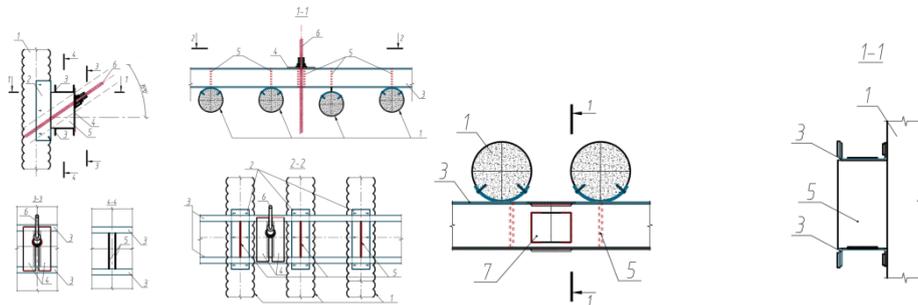


Рисунок 5. Схема узла крепления грунтовых анкеров к обвязочному поясу: 1-буринь-екционная свая ЭРТ; 2-упор анкерного пояса; 3-анкерный пояс из стальных профилей; 4-стальная пластинка; 5-ребра жесткости анкерного пояса; 6-стержень из высокопрочной арматуры анкерного пояса; 7-узел крепления стыка анкерного пояса



Рис.6. Фрагмент плана ограждения котлована: 1-буриньекционные сваи ЭРТ; 2-грунтовые анкера ЭРТ; 3-анкерный обвязочный пояс; 4-монолитный железобетонный обвязочный пояс.

Ниже в табл. 1 приводится алгоритм устройства буриньекционных анкеров ЭРТ.

Таблица 1

Алгоритм устройства буриньекционных анкеров ЭРТ.

1. УСЛОВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ

В ходе устройства подпорной стенки строго соблюдать этапность разработки грунта:

1. Выполнить установку шпунтового ограждения из буриньекционных свай ЭРТ в проектное положение.
2. Грунтовые анкеры выполняются после 1 этапа разработки грунта.
3. Преднатяжение грунтовых анкеров производится в соответствии с ВСН 506-88.
4. Параллельно с устройством грунтовых анкеров и их преднатяжению производится монтаж деревянной забирки.
5. Второй этап разработки предусматривает выемку грунта до отметки дна котлована.
6. Приступить к разработке грунта следует только при соответствии прочности возведенной конструкции требованиям настоящего проекта.

7. В процессе эксплуатации грунтовых анкеров не допускается динамических, вибрационных воздействий на них до засыпки пазух котлована.
8. После разработки котлована выполнить устройство дренажной канавы, заполненной фильтрующим материалом (щебнем, гравием) в соответствии с СП 45.13330.2017. Подземные воды отводят в зумпфы, оборудованные погружными насосами.

2. КОНСТРУИРОВАНИЕ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

1. Конструкции анкерного крепления: грунтовые анкера ЭРТ, детали для крепления опоры грунтового анкера.
2. Расчетная нагрузка на анкер R_w .
3. Свободная длина грунтового анкера обусловлена призмой обрушения стенки котлована, форма которой определена расчетом общей устойчивости конструкции методом логарифмических спиралей.
4. Принятая маркировка грунтовых анкеров: АГ 15/8 (полная длина анкера 15 м, длина корня 8 м).
5. Буровой диаметр для грунтовых анкеров - 150 мм, выполняются под углом 30 град. к горизонту.
6. Срок эксплуатации временного анкерного крепления в соответствии с принятой расчетной схемой не более 2-х лет.

3. КОНСТРУКЦИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

1. Для грунтовых анкеров применять цементные растворы с водоцементным отношением (по массе) В: Ц=0,5:1.
2. Для цементных растворов использовать портландцемент без минеральных добавок марки по прочности не ниже М500.
3. Не допускается применение пуццолановых, глиноземистых и шлаковых портландцементов.
4. Вода для цементных растворов водопроводная и техническая, не содержащая сахаров и фенолов более 10 мг/л, нефтепродуктов и жиров. Водородный показатель (рН) от 4,0 до 12,5.
5. В качестве анкерной тяги используется стержневая арматура диаметром 36 мм класса А500С (в пластмассовой оболочке диаметром не менее 63 мм) и винтовая арматура диаметром 25 мм класса Ат800.
6. Для центрирования в скважине по всей длине тяги предусмотрены фиксаторы (шаг не более 2,0 м) из отрезков пластиковых труб с продольными разрезами по периметру.
7. Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.
8. Ручная дуговая сварка элементов анкерного каркаса осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А.
9. Распределительный пояс предусмотрен из двух швеллеров №27 С245.
10. Детали для крепления опоры грунтового анкера за опорную пластину (плиту): сферическая, коническая, косая шайбы, гайка стопорная (Ст45).

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГРУНТОВОГО АНКЕРА

1. Технологическая последовательность изготовления анкеров включает следующие операции:
- Формирование скважины требуемой глубины и диаметра шнековым бурением.
 - Заполнение до устья скважины цементным раствором.
 - Электроразрядная обработка скважины на уровне корня.
 - Установка анкерного каркаса в проектное положение.
2. При устройстве анкеров последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 3,5 м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными анкерами допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних.
3. Несущая способность каждого анкера должна проверяться до включения его в работу совместно с закрепляемой конструкцией путем проведения контрольных или приемочных испытаний на максимальную испытательную нагрузку.
4. До начала работ должны быть обозначены охранные зоны существующих подземных и воздушных коммуникаций, а также подземных сооружений с указанием охранный зоны, устанавливаемой в соответствии с п. 6.1.21 СП 45.13330.2017.

5. ФОРМИРОВАНИЕ СКВАЖИНЫ БУРЕНИЕМ

1. Бурение шнековое, выполнять в соответствии с проектом производства работ.
2. Установка для бурения УБГ-СГ "БЕРКУТ".
3. Бурение скважин выполняется с рабочих отметок, указанных в проекте.
4. Для разворота буровых машин и возможности установки анкерных каркасов ширина грунтовой бермы должна составлять не менее 15 м.
5. В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине.
6. Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта.
7. Цементация скважин должна производиться сразу после окончания бурения. При невозможности цементации в указанный срок бурение скважин начинать не следует.

6. ЦЕМЕНТАЦИЯ СКВАЖИНЫ ГРУНТОВОГО АНКЕРА

1. Заполнение скважины производится до устья через бетонолитную колонну диаметром не менее 40 мм,

<p>опускаемую до забоя. После достижения забоя, скважина должна быть промыта цементным раствором. Промывка цементным раствором продолжается до прекращения всплытия частиц грунта.</p> <p>2. Приготовление цементного раствора производится на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи раствора применяется пневморасторонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). Давление нагнетания 0,5-5,0 МПа.</p> <p>3. Следует контролировать объем закачиваемого в скважину цементного раствора, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанного в скважину раствора должен превышать объем выбуренного грунта.</p>
<p>7. ПРОГРАММА ЭЛЕКТРО-РАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИНЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ ЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ</p> <p>1. Мощность накапливаемой энергии не менее 50 кДж.</p> <p>2. Длина кабеля от ГИТ до электродной системы не более 80м, включая длину анкера (высоковольтный кабель ТИП-2 – 50 м, высоковольтный кабель КВИМ – 30 м).</p> <p>3. Обработка электрическими разрядами производится на длине корня анкера сериями не менее 13 разрядов на каждом уровне. Шаг уровней от 0,8-0,9м. Расчетное увеличение бурового диаметра (150 мм) довести до 200 мм, для этого следует контролировать уровень раствора в скважине до начала обработки одного уровня и после завершения обработки.</p> <p>4. Осуществлять контроль за тем, чтобы общий объем поданного в скважину раствора, включая доливку, превышал объем пройденной скважины (объем грунта, извлеченного из данной скважины).</p> <p>5. По результатам контроля падения уровня цементного раствора в опытной скважине или объема добавляемого раствора и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента откорректировать программу обработки корня анкеров электрическими разрядами.</p>
<p>8. МОНТАЖ АНКЕРНОГО КАРКАСА</p> <p>1. Опускать анкерный каркас в скважину следует плавно, без рывков.</p> <p>2. Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане.</p> <p>3. Каркас перед установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.</p>
<p>9. ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА</p> <p>1. За три дня до производства бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0 °С, предусматривать в цементные растворы противоморозные добавки.</p> <p>2. Цементный раствор с противоморозными добавками при укладке должен иметь температуру не ниже +10 °С.</p> <p>3. При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должно вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения раствором необходимой прочности.</p> <p>4. Для снижения теплопотерь в процессе твердения бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена.</p> <p>5. Не допускается перегрев цементного раствора (нагрев более 70 °С).</p> <p>6. Допускается не применять противоморозные добавки в цементных растворах, заполняемых в скважины ниже глубины сезонного промерзания грунта.</p> <p>7. После окончания работ и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи раствора промыть горячей водой, продуть сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой.</p> <p>8. Для исключения промораживания грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха.</p> <p>9. При температуре ниже -20 °С работы по изготовлению грунтовых анкеров должны быть остановлены.</p>
<p>10. ПОРЯДОК НАТЯЖЕНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ</p> <p>1. До начала работ должны быть установлены все элементы анкерного крепления на планируемой для натяжения захватке.</p> <p>2. Косые шайбы должны быть приварены к опорным пластинам (плитам) стального распределительного пояса.</p> <p>3. Прочность цементного камня корня анкера должна быть не менее 20 МПа. Для контроля набора прочности в процессе изготовления анкеров должны быть отобраны 9 кубиков 10х10х10 см, которые испытываются в возрасте 3,7 (для внутреннего пользования) и 10 суток (для отчета).</p> <p>4. Контрольные статические испытания проводят, если они не назначены, на каждом десятом анкере, начиная с нагрузки $P_0=0,2*P_u$. Испытательная нагрузка $P_u=1,2*P_w$ (согласно ВСН 506-88).</p>
<p>11. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ</p> <p>1. Изготовление грунтовых анкеров должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет.</p>

2. При изготовлении следует освидетельствовать:
- плано-высотную привязку свай ограждения котлована;
 - диаметр и глубину скважин на соответствие проекту;
 - вид грунта в основании анкера и его соответствие учтенному проектом (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании);
 - уплотнение грунта в основании свай ЭРТ, разрушенного буровым инструментом;
 - соответствие анкерного каркаса проекту (длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узлы соединения стержней) и глубину погружения каркаса в скважину;
 - качествоготавливаемого цементного раствора (расход материалов);
 - затруднения при погружении анкерного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки – свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола корня);
 - погружение электродной системы;
 - расход цементного раствора, используемого при производстве анкеров ЭРТ;
3. Контроль прочности мелкозернистого бетона осуществлять по ГОСТ 18105-2010 и ГОСТ 10180-2012 путем отбора проб цементного раствора на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.4.3.2 ГОСТ 10180-2012.
4. Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в СП 48.13330.2019, должны составляться на заверенный процесс (анкер), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены.
5. Не допускается выполнение последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы на заверенные технологические процессы по изготовлению анкеров ЭРТ, не освидетельствованные техническим надзором заказчика.
6. Геотехнические работы производить в соответствии со сводами правил СП 45.13330.2017, СП 72.13330.2016, СП 70.13330.2012, СП 48.13330.2019, СП 49.13330.2010, СНиП 12-04-2002, ТР 50-180-06, проекта производства работ (ППР).

Выводы:

1. Буроинъекционные сваи и грунтовые анкера ЭРТ, являясь заглубленными железобетонными конструкциями ограждения котлована при строительстве шестиэтажного жилого дома позволили возвести объект без негативного последствия для зданий окружающей застройки.
2. Алгоритм устройства грунтовых анкеров ЭРТ апробирован на множестве объектах геотехнического строительства. Он является обязательным при изготовлении буроинъекционных анкеров ЭРТ.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Plichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering, April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.
4. Plichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation tranches. Proc. of the XVIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering. Madrid, Spain, 24–27th September 2007. «Geo-technical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. The pros, of the 7th Int. Symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground», 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Prague, 2003.
8. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by Electric Discharge Technology, as Reinforced Concrete Structure. Key Enginiring Materials. 2018, pp. 76–81.
9. Sokolov N.S. Use of the Piles of Effective Type in Geotechnical Construction. Key Enginiring Materials. 2018, pp. 70–74.

10. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
11. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоступенчатыми уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
12. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.
13. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 411-415.

Соколов Н.С.

Геотехническая технология увеличения несущей способности основания

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-737

Аннотация

Электроразрядная технология (ЭРТ) имеет широкие возможности в геотехническом строительстве. Она обладает рядом технологических преимуществ. Буроинъекционные сваи ЭРТ имеют повышенные значения несущей способности, как по грунту, так и по материалу благодаря максимальному включению окружающего сваю грунта в совместную работу. В отличие от других типов свай поперечное сечение свай ЭРТ имеет дополнительно зоны цементации и уплотнения. Благодаря этим зонам удельная несущая способность по грунту данных свай превосходит в два и более раз несущую способность других типов свай. Это свойство особенно актуально при реконструкции объектов в случае надстройки этажей. При использовании свай ЭРТ количество надстраиваемых этажей превосходит несколько раз по сравнению с другими типами буроинъекционных свай с теми же параметрами (диаметр, глубина). В рассматриваемой работе приведен пример использования буроинъекционных свай ЭРТ при надстройке четырех дополнительных этажей двухэтажного общественного здания. Статья является обзорной.

Ключевые слова: буроинъекционная свая ЭРТ, электроразрядная технология, реконструкция, несущая способность, инженерно-геологический элемент.

Abstract

The electrical discharge technology (EDT) is widely applied in geotechnical construction. It provides a number of technological advantages. EDT continuous flight augers has high load-bearing capacity in soil and material because the soil surrounding the auger is used to the maximum extent possible. Unlike other auger types, the cross-section of EDT augers has additional zones of cementation and compaction. Due to these zones, the load-bearing capacity in soil exceeds that of other auger types two times and more. This property is especially relevant in reconstruction when new floors are added. When using EDT augers, the number of added floors several times exceeds that in other auger types having the same parameters (diameter, depth). This paper gives an example of continuous flight augers when adding four new floors to a two-story public building. The article represents an overview.

Keywords: EDT continuous flight augers, electrical discharge technology, reconstruction, load-bearing capacity, geological engineering element.

Реконструкция зданий и сооружений в стесненных условиях является особо актуальной проблемой. Этот вид строительства в большинстве случаев предполагает усиление основания

фундаментов, цементацию тела фундаментов, а также восстановление несущей способности строительных конструкций выше нулевой отметки с возможностью увеличения их несущей способности. При надстройке дополнительных этажей остро проявляется актуальность усиления основания фундаментов, как правило, с помощью буроинъекционных свай как наиболее востребованных для этих целей заглубленных железобетонных конструкций. Наиболее приспособленными строительными конструкциями в настоящее время в качестве свай усиления являются сваи ЭРТ изготавливаемые по электроразрядным технологиям. Несущая способность по грунту F_d у свай ЭРТ превосходит F_d других типов свай в 2,0 и более раз [1÷4, 5-16, 17, 18, 19, 20, 21].

С учетом этого использование других типов буроинъекционных свай в связи с их низкой несущей способностью чаще всего неоправданно. В настоящей статье приводится пример усиления основания фундаментов 2-х этажного кирпичного здания с размерами в плане $45,2 \times 10,3$ м для случая надстройки четырех дополнительных этажей. В качестве заглубленных конструкций усиления основания фундаментов использованы буроинъекционные сваи ЭРТ диаметром $\varnothing = 150,0$ мм и $200,0$ мм длиной от 11,0 м до 18,0 м.

Технологическая последовательность изготовления свай ЭРТ приведена на рис. 1. Здесь поз 1÷18 и t1, t2, t3, t4 расшифрованы в табл. 1.

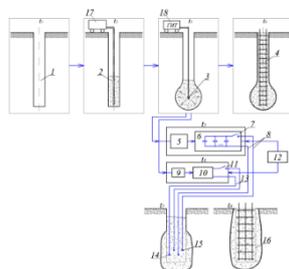


Рисунок 1. План-схема устройства буроинъекционных свай-ЭРТ

Таблица 1

Устройство генератора импульсных токов.

№ № поз.	Наименование позиции
	Буровая скважина
	Мелкозернистый бетон
	Излучатель (разрядник) энергии
	Пространственный армокаркас
	Зарядно-выпрямительное устройство
	Емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии
	Коммутатор накопления электроэнергии
	Питающий низковольтный кабель
	Зарядно-выпрямительное устройство
	Маломощный высоковольтный источник
	Коммутатор маломощного высоковольтного источника
	Блок синхронизации
	Кабель
	Источник с дополнительным иницирующим электродом, размещенным в разряднике
	Область формирования электрического разряда
	Выполненная свая ЭРТ
	Пневморастворонагнетатель
	Генератор импульсных токов
t1, t2, t3, t4	Стадии изготовления буроинъекционной сваи ЭРТ

В геоморфологическом отношении участок строительства расположен в пределах древнеаллювиальной террасы Клязьмо - Яузского протока. Поверхность участка характеризуются абсолютными отметками +139.117-140.16 м.

На основании исходных данных геологический разрез площадки до исследованной глубины (22.0 м) выделено 15 инженерно-геологических элементов - ИГЭ: ИГЭ №1 - Техногенные грунты (tQIV); ИГЭ №2 - Песок пылеватый. ср. плотности, водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №3 - Песок мелкий. ср. плотности. водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №4 - Песок ср.крупности. ср. плотности, водонасыщенный (a-QIII); ИГЭ №5 - Песок гравелистый. ср. плотности. влажный (a-QIII); ИГЭ №6 - Суглинок песчанистый с прослоями песка. гравием. мягкопластичный (g-QII); ИГЭ №7 - Суглинок песчанистый, с прослоями песка, гравием. тугопластичный (g-QII); ИГЭ №8 - Суглинок с прослоями песка, мягкопластичный (f-QII); ИГЭ №9 - Суглинок с прослоями песка, тугопластичный (f-QII); ИГЭ №10 - Супесь с прослоями песка, пластичная (f-QII); ИГЭ №11 - Песок пылеватый. ср.плотности, водонасыщенный (f-QII); ИГЭ №12 - Песок мелкий. ср.плотности. влажный (f-QII); ИГЭ №13 - Песок ср.крупности. ср.плотности. водонасыщенный (f-QII); ИГЭ №14 - Глина. тугопластичная (J3); ИГЭ №14 - Глина. полутвердая (J3).

Гидрогеологические условия территории до глубины 22.0м характеризуются распространением подземных вод надморенного и надъюрского водоносных горизонтов.

По данным результаты химических анализов проб воды, отобранных непосредственно на исследуемом участке. В соответствии по СНиП 2.03.11-85 [5] подземные воды надморенного водоносного горизонта по коррозионным свойствам характеризуются: - по отношению к бетону нормальной плотности марки W4 - неагрессивная по всем показателям; - по отношению к ж/б конструкциям - слабо- и среднеагрессивная при периодическом смачивании.

Анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства позволил определить несущую способность свай ЭРТ. В связи со сложностью залегания инженерно-геологических элементов длина свай ЭРТ принята различной в зависимости от отметок залегания кровли несущего слоя (ИГЭ №5).

Вывод:

Разработанный алгоритм устройства буроинъекционных свай ЭРТ усиления основания фундаментов является результатом длительных исследований и корректировок отдельных этапов, позиций за период более 20 лет производства геотехнических работ.

3. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай-ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. №9. 2017. Стр. 25-29.
4. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной сваи // Строительство: Новые технологии – Новое оборудование №12. 2017, стр. 38-43.
5. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem // Journal of applied engineering science 15 (2017) 4, 482. p. 518-523.
6. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроинъекционных свай // Жилищное строительство. 2018 №.1÷2 с. 62-66.
7. СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», М.: Минрегион России, 2012.
8. ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», М.: Стандартинформ, 2014.
9. ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», М.: Стандартинформ, 2011.
10. СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты», М.: Минрегион России, 2012.
11. ГОСТ 18105-2012 «Бетоны правила контроля и оценки прочности», М.: Стандартинформ, 2012.
12. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», М.: Стандартинформ, 2013.
13. СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», М.: ФГУП ЦПП, 2004.
14. СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии», Госстрой СССР - М: ГП ЦПП, 1993.
15. СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», Госстрой СССР, 1987.
6. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», Госстрой России, 2001.
7. СНиП 12-04-2002 "Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство", Госстрой России, 2002.
8. ТР 50-180-06 Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ), ГУП "НИИМосстрой" № 2006.

9. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
10. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
11. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
12. Соколов Н.С. Викторова С.С. Смирнова Г.М. Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.
13. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 411-415.

Соколов Н.С.

Один из физических принципов используемых для устройства свай ЭРТ

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-738

Аннотация

Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай открывает новое направление в геотехническом строительстве. Благодаря ее специфическим качествам она является оригинальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроинъекционные сваи повышенной несущей способности. Оригинальность этой технологии заключается в использовании генераторов импульсных токов для создания электрогидравлического эффекта в пробуренной и заполненной мелкозернистым бетоном скважине. Технология устройства буровых свай с помощью генератора импульсных токов способствует повышению надежности и электробезопасности путем уменьшения рабочего напряжения. При формировании высокоэнергетического импульса создаются условия, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины. Генератор импульсных токов и высоковольтный разрядник являются единой конструкцией. При этом ГИТ является накопителем электрической энергии, а разрядник разгружает эту энергию в виде электрогидравлического эффекта. Тем самым создается свая-ЭРТ с повышенными значениями несущей способности по грунту. ГИТ широко используется в геотехнической практике при новом строительстве и реконструкции. Являясь уникальным инструментом при устройстве свай-ЭРТ и цементации оснований генератор импульсных токов имеет широкое практическое значение в строительстве.

Ключевые слова: батарея конденсаторов, рабочее напряжение, коаксиальный кабель КВИМ, шаговое напряжение, ГИТ, буровая свая, разрядно-импульсная технология (РИТ), множественные уширения.

Abstract

The electrical discharge technology for installing continuous flight augers opens a new trend in geotechnical construction. It is unique thanks to its specific properties. Unlike other technologies, it is used to make continuous flight augers with high load-bearing capacity. It is distinctive for using pulse current generators to create an electrical hydraulic effect in a bored hole filled with fine concrete. The pile installation technology using a pulse current generator increases reliability and electrical safety by reducing operating voltage. Generating high-energy impulses creates conditions when a shock wave is

formed and develops as an electrical hydraulic effect in fine concrete on the soil in bore well walls. The pulse current generator and the high-voltage discharger represent a single structure. The PCG is a power storage accumulator, while the discharger outputs this energy as an electrical hydraulic effect. This creates an EDT pile with high load-bearing capacity in soil. The PCG is widely used in geotechnical practice in new construction and reconstruction. Being a unique tool in installation of EDT augers and cementation of foundations, the pulse current generator has a wide practical significance in construction.

Keywords: capacitor bank, operating voltage, coaxial cable KVIM, step voltage, PCG, bored pile, electrical discharge technology (EDT), multi-spot widenings.

Проблема повышения несущей способности буроинъекционных и буронабивных свай F_d является в настоящее время весьма актуальной проблемой в области геотехнического строительства. Особенно она злободневна при строительстве в стесненных и особо стесненных условиях, а также для случаев оснований сложенных проблематичными грунтами. Одним из направлений увеличения несущей способности свай по грунту F_d является создание уширений (подпятников) вдоль ствола сваи с конкретным шагом или в зависимости от напластования инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания, а также на уровне пяты буроинъекционной или буронабивной сваи. Для достижения этой цели наиболее приемлемой оказывается разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (свай-ЭРТ) [5, 8, 10, 11, 12, 13, 14].

Для осуществления вышеприведенного алгоритма устройства свай-ЭРТ необходимы технологические устройства для создания уширений в теле бетона заполняющего буровую скважину. Этой конструкцией является генератор импульсных токов. Энергия, образованная в нем перемещается через коаксиальный кабель в заполненную бетоном скважину в виде электрогидравлического удара.

Следует отметить, что при использовании генератора импульсных токов часты случаи поражения шаговым напряжением обслуживающего персонала. Это зависит от внешних условий протекания для электрического тока в грунте (например, сопротивления грунта), уровня рабочего электрического напряжения и др. При случайном (аварийном) замыкании высоковольтного кабеля возможно физическое (световое, дуговое, электрическое и электродинамическое) воздействие.

Вышеперечисленное ведет к снижению эксплуатационной надежности работы генератора импульсных токов. При аварийном замыкании возможен выход из строя всей установки в целом.

В технологии ЭРТ выполнение обслуживающим персоналом разрядно -импульсной установки (РИУ) условий техники безопасности является обязательным. При этом дополнительные защитные мероприятия и средства по технике безопасности усложняют и удорожают технологию изготовления свай-ЭРТ. При этом они не достаточно эффективны и не могут обеспечить на все 100 % безопасность обслуживающего персонала при работе. Это особенно актуально при эксплуатации установки в полевых условиях, как например, во время работы под дождем, снегом, а также при мокром грунте.

Особенно важно, что при изготовлении буроинъекционных свай-ЭРТ должно быть уделено повышенное внимание на надежность технологии и электробезопасности посредством уменьшения рабочего электрического напряжения. При формировании высокоэнергетического электрического импульса необходимо создать такие условия, при которых возникнет электрогидравлический удар.

Изготовление буроинъекционной сваи-ЭРТ является многоэтапным процессом (см. рис. 1). Это: 1) бурение скважины; 2) подача в нее мелкозернистого бетона; 3) формирование высоковольтных электрических импульсов для возбуждения в твердеющем материале электрических разрядов с помощью перемещаемого в нем разрядника; 4) возникновение высокоэнергетических импульсов низкого напряжения; 5) с формированием каждого высокоэнергетического импульса низкого напряжения создаются дополнительные

маломощные импульсы высокого напряжения для инициирования электрического разряда в перемещаемом разряднике. С целью обеспечения оптимальных условий изготовления буроинъекционной сваи с высокими значениями несущей способности создаются электрические импульсы свыше 20 кДж напряжением 500-1000 В, а дополнительные маломощные импульсы - с напряжением 5-15 кВ, и энергией 200-2000 Дж длительностью (5-20)10⁻⁶ сек.

Технология устройства буроинъекционных свай-ЭРТ поясняется алгоритмом, приведенным на рис. 2, здесь t₁, t₂, t₃... t₈ - стадии изготовления заглубленной конструкции; 1 – скважина; 2 – мелкозернистый бетон; 3 – излучатель (разрядник); 4 – пространственный армокаркас; 5 – зарядно-выпрямительное устройство, 6 – емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии; 7 – коммутатор накопителя электроэнергии; 8 – питающий низковольтный кабель; 9 – зарядно-выпрямительное устройство; 10 – маломощный высоковольтный источник; 11 – коммутатор маломощного высоковольтного источника; 12 – блок синхронизации; 13 – кабель; 14 – источник с дополнительным инициирующим электродом, размещенным в разряднике; 15 – область формирования разряда; 16 – часть выполненной сваи-ЭРТ. Блок синхронизации 12 выполнен для одновременного среагирования последовательно соединенных через него позиций 7 и 11.

Далее с помощью буровых станков производится проходка скважины 1 рассматриваемого диаметра (стадия t₁). При достижении устья скважины забурник извлекается из скважины 1, часть ее заполняется мелкозернистым бетоном 2 (стадия t₂). Погружается в скважину 1 пространственный армокаркас 4. Разрядное устройство 3 с питающим низковольтным кабелем 8 подсоединено к емкостному низковольтному накопителю энергии 6 (стадия t₃).

Зарядно-выпрямительное устройства 5 заряжает накопитель электрической энергии 6, например, энергоемкостью (20-50) кДж до низкого напряжения порядка до 1000 В (стадия t₄). Параллельно производится зарядка поджигающего устройства 10 энергоемкостью порядка 200-2000 Дж до напряжения 5-15 кВ с его же помощью 9 (стадия t₅).

Далее подается серия синхронизированных при помощи блока синхронизации 12 высокоэнергетических низковольтных импульсов от накопителя 6, а также маломощных высоковольтных импульсов от источника 10 через кабели 8 и 13 коммутаторы 7 и 11 на разрядник 3 и дополнительный инициирующий электрод 14. Возникает серия низковольтных разрядов основного емкостного накопителя энергии 6 в результате пробоя при помощи образованного инициирующего разряда в области формирования разряда 15.

Такая технологическая последовательность провоцирует возникновение электрогидравлических ударов. Сформировавшиеся ударная волна воздействуют на мелкозернистый бетон 2 и грунт стенок скважины 1, увеличивая тем самым ее поперечное сечение, а также уплотняют мелкозернистый бетон и формируя часть сваи 16.

При подаче импульса низкого напряжения на разрядное устройство 14 не возникает электрического пробоя, вследствие того что величины напряжений не обеспечивают электрического зазора для пробоя даже при наличии квазипроводящей среды между электродами разрядника. Поэтому в зону электрического разряда для обеспечения этого эффекта подают инициирующий импульс высокого напряжения (5-15) кВ от дополнительного поджигающего устройства энергией равной (200-2000) Дж длительностью (5-20)10⁻⁶ сек синхронно с высокоэнергетическим, выше 20 кДж, импульсом низкого напряжения. Выбор оптимальных параметров напряжения электрического поджига, величины энергии и длительности поджигающего импульса осуществляется опытным путем из условий необходимости изготовления сваи с высокими значениями несущей способности и прочности мелкозернистого бетона ствола, а также безопасности процесса изготовления сваи для обслуживающего технического персонала и оптимального использования существующего электрического оборудования.

С точки зрения выделения энергии при электрогидравлическом эффекте зазор между электродами должен быть порядка 10-20 мм по поверхности диэлектрика [1÷4]. Следует обратить внимание на то, что при низком электрическом напряжении величиной до 1000 В в этом промежутке разряда не образуется [5].

Электрическое напряжение до 1000 В (1 кВ) обусловлено граничным значением с точки зрения техники безопасности, т.к. считается, что высокое напряжение - это величина напряжения свыше 1000 В (1 кВ) [6]. Наиболее оптимальным нижним порогом низкого

напряжения является его величина равная 500 В (выбирается исходя из малогабаритных характеристик накопителя). Следует отметить, что при дальнейшем снижении величины напряжения резко возрастают габариты и вес накопителя [9].

В табл. 1 приведены параметры объема и массы накопителя в зависимости от величины зарядного (рабочего) напряжения для импульсного конденсатора К41И 7 (напряжение 5 кВ; емкость 100 мкФ; габариты Ах Вх Н=170х122х410 мм; объем V=0,0014 м³; масса m=15 кг) при условии накопления электрической энергии накопителем 20 кДж.

Таким образом, наиболее оптимальным является напряжение в интервале 500-1000 В.

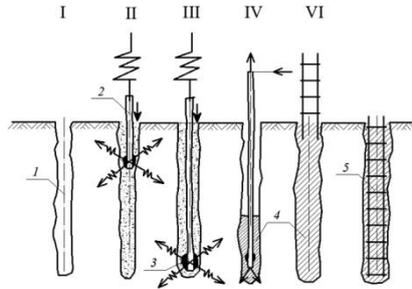


Рисунок 1 Технологическая схема устройства свай ЭРТ (разрядно-импульсная технология): I – Устройство лидерной скважины; II, III – расширение скважины ЭРТ обработкой; IV – замещение рабочей жидкости бетонной смесью и активация ее по ЭРТ; V, VI – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь; I – скважина, заполненная рабочей жидкостью; 2 – заливочная штанга; 3 – электрический излучатель; 4 – бетонная смесь; 5 – арматурный каркас

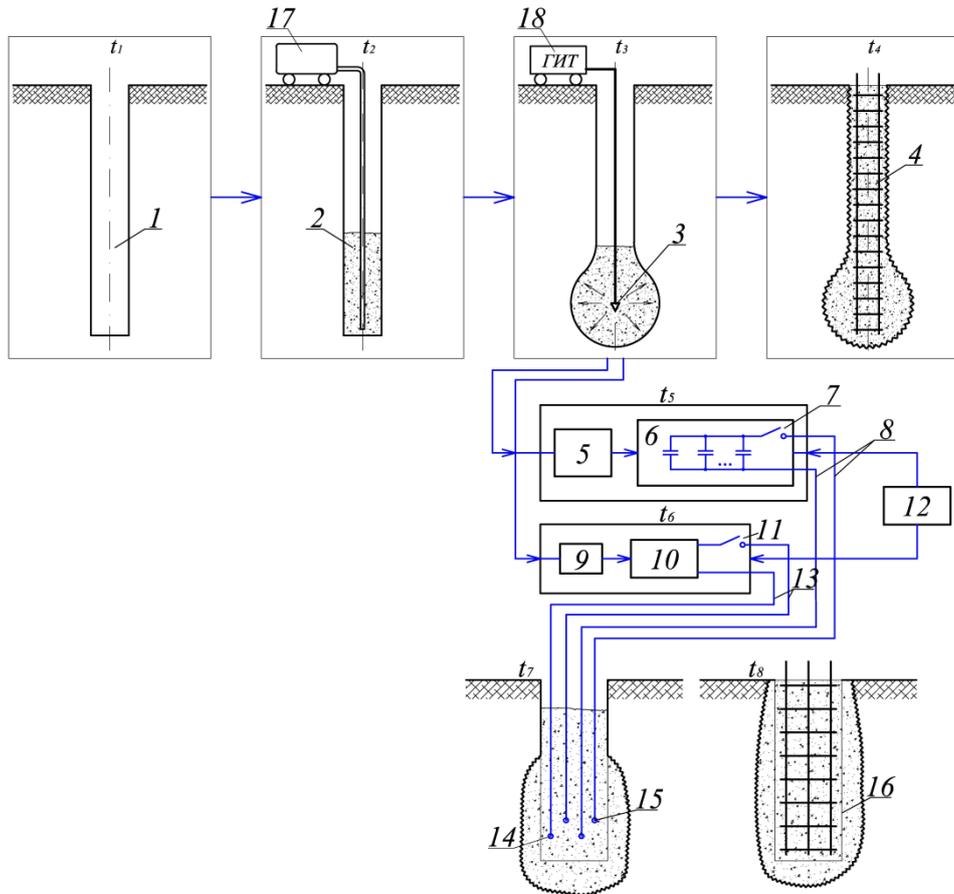


Рисунок 2. План-схема устройства буринъекционных свай-ЭРТ.

В то же время высокое напряжение поджигающего импульса также безопасно, так как энергия его, равная 200-2000 Дж, мала, импульс кратковременный и, следовательно, мало и количество электричества [9].

Производились статические испытания сваи длиной 12 м, изготовленные из мелкозернистого бетона. Вмещающими грунтами в пределах длины свай служат четвертичные аллювиальные отложения, представленные песками мелкими и пылеватыми с прослоями суглинков и глин. Грунтами активной сжимаемой толщи под острием свай являются пески мелкие и средней крупности. При этом несущая способность полученных свай определялась по существующим методикам в соответствии с [2]. Из табл. 2 следует, что сваи, полученные заявленным способом, обладают высокой несущей способностью, вместе с тем условия техники безопасности существенно улучшены.

Электроразрядная технология устройства буроинъекционных свай-ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буроинъекционных буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т.д.

Ниже приводится один из примеров использования ГИТ для расчета несущей способности буроинъекционной сваи-ЭРТ по грунту.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, России. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности сваи выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [8]. Несущая способность свай-ЭРТ с одним уширением в 2,0 – 2,5 раза, а с двумя – в 3,0 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Сваи-ЭРТ с многоместными уширениями [10, 11, 12, 13, 14] при нагружении работают следующим образом. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения внешней нагрузки постепенно включаются нижележащие уширения, при этом каждое уширение выполняет функцию дополнительной опоры. Несущие свойства грунтов при опирании на них значительно выше свойств этих же грунтов при трении о них боковой поверхности свай. Это подтверждается анализом формул расчета несущей способности указанных свай.

Расчет несущей способности сваи без уширения производится по формуле 7.11 [7]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} R A + u \sum_{i=1}^n (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

В формуле (1) первое слагаемое $\gamma_{cr} R A$ представляет собой несущую способность буроинъекционной сваи под ее нижним концом, а второе –

$$u \sum_{i=1}^n (\gamma_{cf} f_i h_i) \quad \text{несущую способность по боковой поверхности.}$$

Несущую способность свай с многоместными уширениями следует определять по формуле 2 [8]:

$$F_d = \gamma_c \left[\gamma_{cr} R A + (\gamma_{cr} \sum R_{i,бок} A_{i,бок} + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \right]. \quad (2)$$

Автор настоящей статьи (директор ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что сваи ЭРТ с многоместными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опресовка стенок скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений [8, 10, 11, 12, 13, 14]. Это буроинъекционные сваи, устраиваемые с

использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения γ_{cr} и γ_{cf} , а именно $\gamma_{cr}=1,3$, а $\gamma_{cf}=1,1\div 1,3$ благодаря восстановительной способности структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2\div 2,6$ раза.

При определении несущей способности F_d по формуле (7.11) [7] значения расчетных сопротивлений R и f определяются по таблицам 7.3 и 7.8. [7]. В табл. 7.3 [7] приведены значения f для различных значений IL , а в табл. 7.8 [7] – то же для R . Для наглядности величины $R/f=f(h)$ для различных значений IL приведены ниже в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость отношения расчетных сопротивлений R к расчетному сопротивлению f по боковой поверхности для различных значений показателей текучести IL .

1	IL=0,2			IL=0,3			IL=0,4			IL=0,5			IL=0,6		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f												
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9
5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40
18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
≥ 40	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

Примечание: h - глубина расположения рассматриваемого слоя; IL - показатель текучести; R - расчетное сопротивление грунта под уширением; f - расчетное сопротивление по боковой поверхности.

Вывод: Разработанный генератор импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение. ГИТ, являясь накопителем высокой до 100 кДж электрической энергии посредством разрядного устройства разгружаясь в заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай-ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола свай создает условия к существенному до 3,5 раз увеличению F_d .

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
2. ГОСТ 5686-2012. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартинформ, 2014. 25 с.
3. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135 [с. 52-56].
4. Приказ Минэнерго РФ №6 от 13.01.2003. Правила техники безопасности и технической эксплуатации электрооборудования. Миннот РФ № 4145. - 15 с.

5. Пат. №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заяв. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
6. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 488 с.
7. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Об ошибочном способе устройства буринъекционных свай с использованием электроразрядной технологии // Жилищное строительство. № 11. 2016. С. 20-29.
9. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буринъекционных свай ЭРТ с множественными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буринъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9.С. 66-70.
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары Геотехника. 2016. 1. С. 60-65.
13. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания //Строительные материалы. 2019. №6. С.67-71.
14. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буринъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии //В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании и строительных конструкции и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (13 Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Д. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014. С.415-420.

Соколов Н.С.

Одна из технологий усиления оснований

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-739

Аннотация

Реконструкция зданий и сооружений в стесненных условиях представляет собой сложную технологическую задачу, связанную: 1) с обеспечением безопасной эксплуатации зданий окружающей застройки в зонах геотехнического влияния; 2) с обеспечением надежной эксплуатации оснований фундаментов с использованием заглубленных железобетонных конструкций как, например буринъекционные сваи, выполняемые по электроразрядным технологиям; 3) обеспечением надежной эксплуатации надфундаментных конструкций при возросших нагрузках на здания с помощью специальных конструктивных решений; 4) обеспечением надежной эксплуатации тела фундаментов одним из существующих методов как, например, цементацией. Статья является обзорной и рассматривает случай реконструкции объекта общественного назначения с использованием электроразрядной технологии при усилении тела оснований фундаментов с помощью буринъекционных свай ЭРТ.

Ключевые слова: реконструкция, нагрузки, зона влияния, электроразрядная технология, сваи ЭРТ, несущая способность.

Abstract

Reconstruction of buildings and structures in confined conditions represents a complex technological process associated with: 1) providing safe operation of surrounding buildings in geotechnical exposure zones; 2) providing reliable operation of foundations using buried reinforced concrete structures, for example, continuous flight augers made using electrical discharge technologies; 3) providing reliable operation of above-foundation structures in case of high loads

using special structural solutions; 4) providing reliable operation of the foundation body using one of the existing methods, such as cementation. The article represents an overview and considers the reconstruction of a public building using the electrical discharge technology by reinforcing the foundation body with EDT continuous flight augers.

Keywords: reconstruction, loads, exposure zone, electrical discharge technology, EDT piles, load-bearing capacity.

Реконструируемое здание состоит из пяти блоков: **Блок №1** в осях «1-4+А-Г», размеры в осях 18,63x18,0м, трехэтажный, с подвалом, цокольным этажом и техническим чердаком. Конструктивная система - неполный каркас с железобетонными колоннами и ригелями с шарнирными узлами опирания ригелей, и наружные стены из каменной кладки. Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент- железобетонная плита.

Блок №2 в осях «4-12÷А/1-В/1», размеры в осях 42,855x15,16м, четырехэтажный, с подвалом, цокольным этажом и техническим чердаком Конструктивная система - стеновая с продольными несущими стенами из каменной кладки Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент - железобетонная плита. Покрытие чердака и перекрытие четвертого этажа на данный момент полностью демонтированы. **Блок №3** (рис.2) в осях «12-15÷А-К», размеры в осях 18,965x48,46м. трехэтажный, с подвалом, цокольным этажом (частично, в осях «А-Е») и техническим чердаком. Конструктивная система - неполный каркас с железобетонными колоннами и ригелями в осях «А-Е» и стальными колоннами и балками в осях «Е-К» с шарнирными узлами опирания ригелей и балок, и наружные стены из каменной кладки Перекрытия - сборные железобетонные плиты. Фундамент - железобетонная плита в осях «А-Г» и железобетонный ленточный в осях «Г-К».

Блок №4 (рис.2) в осях «13/1-15÷К-Л», размеры в осях 11,32x15,62 м, четырехэтажный, с цокольным этажом и техническим чердаком. Конструктивная система - стеновая с продольными несущими стенами из каменной кладки, со стальными балками перекрытий, узлы опирания балок шарнирные. Перекрытия - над цокольным этажом - цилиндрические своды из керамического полнотелого кирпича по металлическим балкам, над остальными этажами - сборные железобетонные плиты. Фундамент - ленточный из кладки из известняка.

Блок №5 (рис.2) в осях «15-16÷А-К», размеры в осях 9,88x48,46м; одноэтажный, с подвалом в осях А-Г, цокольным этажом в осях А-К, надземным этажом в осях А-Е. Конструктивная система - неполный каркас с каменными колоннами и ригелями с шарнирными узлами опирания ригелей, и наружные стены из каменной кладки. Перекрытие над цокольным этажом - сборные железобетонные плиты, покрытие - из асбестоцементных полых плит с заполнением минеральной ватой по металлическим балкам Фундамент - железобетонный ленточный под стены и отдельностоящий столбчатый под колонны.

При реконструкции здания в соответствии архитектурными объемно-планировочными решениями предполагалось изменение планировочной и конструктивной схемы здания и существенное увеличение нагрузок на фундаменты.

Местами моренные суглинки размыты и аллювиальные отложения подстилаются **флювиогляциальной толщей окско-днепровского горизонта (f-Qп^{o-d})**, представленные супесями и песками: Супеси - темно-коричневые и черные, пылеватые, слюдистые, пластичные, местами текучие; Пески - желтые и коричневые, средней крупности, неоднородные, с гравием и щебнем кремнистых пород, средней плотности, водонасыщенные. Полная мощность флювиогляциальных отложений составляет 5.8-7.0м., вскрытая мощность 4.7-5.8м. Под толщей четвертичных отложений на глубине 10.3-10.5м (абс. отм. 140.85-139.98) встречены отложения **верхней юры представленные волжским (J_{3v}) и оксфордским (J_{3ox}) ярусами**. Отложения **волжского яруса** представлены супесями черными, пылеватыми, слюдистыми с прослоями глауконитового песка, полутвердыми, мощностью 3,2м. Отложения **оксфордского яруса** представлены глинами черными, пылеватыми, слюдистыми с крупными фосфоритами и включениями обломков фауны, мощностью 6,8-10,1 м. **Каменноугольные отложения** развиты на глубине 20.4-20.5м (абс.

отм. 129,88-130,85м) и представлены подсветами: - измайловской (С_{3izm}), мешеринской (С_{3mse}), перхуровской (С_{3pr}), неверовской (С_{3nvr}), ратмировской (С_{3rt}). **Каменноугольная толща** представлена известняками трещиноватыми, мергелями и мергелистыми глинами, доломитами. Вскрытая мощность каменноугольных отложений составляет 10,6-35,0 м. Последовательность залегания, мощность и характер распространения геологических слоев приведены на геолого-литологическом разрезе (рис 1).

Согласно проекта реконструкции была полностью изменена конструктивная схема объекта. Если до реконструкции здание было построено в каркасе, то после реконструкции все внешние нагрузки воспринимались свайно-плитным фундаментом (см. рис. 2, 3, 4). При этом в опорных частях под колоннами запроектированы и устроены дополнительные ступени (рис. 3, 4) во избежание продавливания бетона фундамента. Кроме того запроектированы и устроены противокарстовые буроинъекционные сваи.

Анализируя опыт устройства буровых свай на рассматриваемом объекте использованы буроинъекционные сваи, выполняемые по электроразрядным технологиям – сваи ЭРТ. Эти сваи обладают максимальными значениями несущей способности на 1 куб/метр сваи и наиболее востребованы для работы в стесненных условиях [1-10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

На рис. 2,3,4 приведены план свай ЭРТ и характерные сечения. В зависимости от нагрузок и инженерно-геологических разрезов в плане использованы сваи ЭРТ разной длины – от 13,0 м до 17,0 м. Армирование их приведено на рис. 5.

Вся технологическая цепь производства свай ЭРТ на конкретном объекте ниже расписана в виде технологического регламента – алгоритма устройства буроинъекционных свай ЭРТ.

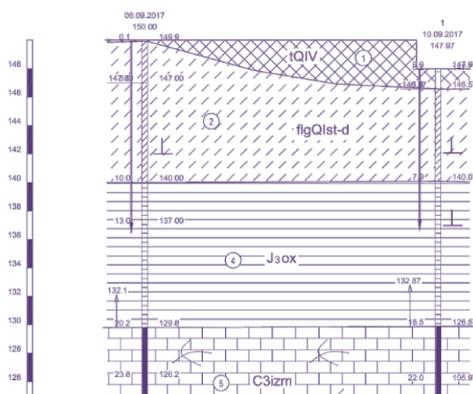


Рисунок 1. Характерный инженерно-геологический разрез

1 – песчано суглинистые грунты со щебнем кирпича, бетона; 2 – супесь пластиная, пылеватая, с прослоями песка водонасыщенного; 3- песок средней крупности, средней плотности, маловлажный; 4- глины тяжелые, слюдистые, твердые; 5- известняк средней прочности, сильнотрещиноватый, водоносный.

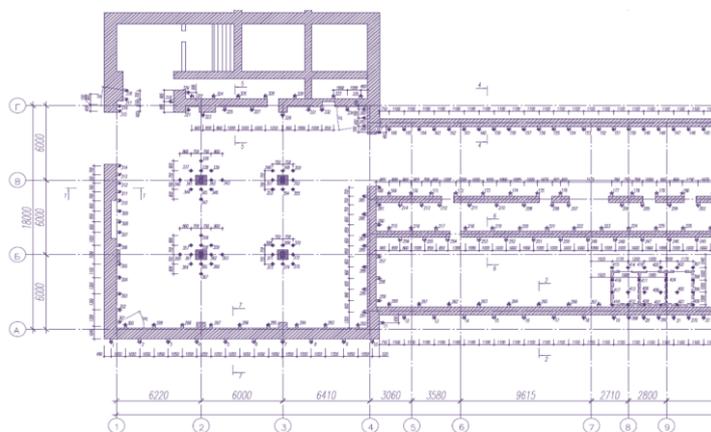


Рисунок 2 Схема расположения свай усиления в осях (1-16)/(А-Г)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ - АЛГОРИТМ УСТРОЙСТВА БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ-ЭРТ [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

1. Применяемые методики и средства расчетов: Расчет несущей способности свай выполнялся согласно СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.

2. Конструктивные решения заглубленных конструкций и сооружений: Методика предотвращения развития опасных деформаций предусматривает пересадку фундаментов мелкого заложения на свайный.

3. Условия возведения и эксплуатации конструкций реконструируемого объекта: До начала всех строительных работ выполнить на участке инженерно-геологические изыскания, на основании которых уточняются длины свай ЭРТ.

4. Мероприятия по мониторингу за окружающей застройкой, существующих заглубленных сооружений и коммуникаций: Обязательным условием ведения работ на данной площадке является проведение геотехнического мониторинга. Период геотехнического мониторинга - до начала проведения усиления фундаментов и не менее 2-х лет после усиления. Метод геотехнического мониторинга: визуально-инструментальный - наблюдение за состоянием конструкций, в том числе поврежденных, с фиксацией дефектов маяками или аналогичными устройствами, фотофиксация и т.д. Сроки наблюдений: - при производстве свай усиления не реже 2-х раз в неделю; - после устройства свай усиления - не реже 1 раза в месяц (в зависимости от динамики развития трещин).

5. Конструирование буроинъекционных свай ЭРТ: **5.1** Максимальная допустимая вертикальная расчетная нагрузка на сваю 110÷200 кН. **5.2** Сваи буроинъекционные сплошного сечения диаметром бурения 150 мм, армированы на всю высоту арматурными каркасами. **5.3** Принятая маркировка свай: Ср-12,5-15, Ср-13,5-15, Ср-14-15, Ср-15-15, Ср-16-15, Ср-16,7-15, Ср-17-15, Ср-18-15, Ср-19-15 (длина свай соответственно 12,5; 13,5; 14,0; 15,0; 16,0; 16,7; 17,0; 18,0; 19,0 м) буровой диаметр 150 мм. **5.4** Заделка верха сваи в фундамент составляет не менее 1000мм.

6. Материалы буроинъекционных свай ЭРТ: **6.1.** Для свай использовать самоуплотняющиеся мелкозернистые бетонные смеси класса по прочности В25, марка по водонепроницаемости не ниже W6 в соответствии с ГОСТ 26633-2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», приготовленным на строительной площадке или на специализированных бетонных заводах. **6.2.** Бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия». **6.3.** Удобоукладываемость бетонной смеси П4...П5, проверяется по конусу АЗНИИ. **6.4.** Водоотделение бетонной смеси не более 2%. **6.5.** Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10мм. **6.6.** Для бетонных смесей использовать бездобавочный портландцемент марки не ниже М500. **6.7.** Заполнителем для бетона служит кварцевый песок. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1.7. **6.8.** При изготовлении свай допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, ингибиторы коррозии и противоморозные добавки. **6.9.** Запрещается добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности. **6.10.** Подбор состава бетонной смеси с определением состава и количества добавок выполняется строительной лабораторией. **6.11.** Армирование свай предусмотрено на всю длину и выполняется отдельными секциями из пространственных сварных каркасов. Соединение этих каркасов между собой выполнять внахлестку с применением вязальной проволоки диаметром 1,5-2.0мм. **6.12.** В качестве продольных стержней пространственного каркаса принята арматура диаметром 16 мм класса А500С. Поперечное армирование из арматуры диаметром 8 мм класса А240. Защитный слой бетона не менее 30мм. **6.13.** Жесткость пространственного каркаса обеспечивается стальными кольцами из труб d=54 мм с толщиной стенки не менее 3 мм. **6.14.** Для обеспечения защитного слоя бетона предусмотрены центраторы из стальных полос шириной по 20мм толщиной 4мм в количестве 4-х в одном поперечном сечении арматурного каркаса с

шагом по длине каркаса не более 3м. **6.15.** Ручная дуговая сварка элементов пространственного каркаса между собой осуществляется электродами типа Э42А, Э46А, Э50А. **6.16.** Для изготовления сварных каркасов применять арматуру из стали марки 35ГС запрещается.

7. Изготовление свай ЭРТ: 7.1. Технологическая последовательность изготовления свай включает следующие операции: - Формирование скважины требуемой глубины и диаметра бурением; - Заполнение скважины бетонной смесью. Установка в устье скважины трубы-кондуктора; - Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью; - Установка пространственных каркасов с одновременной их стыковкой между собой; - Уход за бетоном оголовка. **7.2.** При устройстве свай последующая скважина должна устраиваться не менее чем за 2,5м от предыдущей. Бурение скважин рядом с ранее изготовленными сваями допускается лишь по прошествии не менее 48 часов после окончания бетонирования последних. **7.3.** До начала работ по усилению фундаментов заказчик предоставляет производителю работ схему инженерных коммуникаций в зоне производства работ с указанием глубин, уклонов. **7.4.** При невозможности устройства буроинъекционных свай в отдельных местах из-за наличия инженерных коммуникаций допускается перенос или изменение шага свай **только по согласованию с автором проекта.** **7.5.** Последовательность изготовления свай указывается на схеме расположения свай. При невозможности исполнения схемы свай последовательность изготовления определяется подрядчиком по мере предоставления фронта работ заказчиком и согласовывается с представителем авторского надзора.

8. Формирование скважины бурением: 8.1. Формирование скважин выполнять вращательным (через тело фундамента) и шнековым бурением в соответствии с проектом производства работ. **8.2** Буровые установки для производства работ по усилению фундаментов УБГ-ЛГ1 "Аллигатор", СБГ-ПМ2 "Стерх", СБГ-2. **8.3.** Бурение согласно схемы расположения свай выполняется с внутренней стороны здания с уровня 1-го этажа, по внешней стороне здания с отметки 0.000 или с уровня отмостки с корректировкой привязки от края стены по согласованию с автором проекта. **8.4.** В процессе бурения следует контролировать параметры грунта на глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта, обнаруженного в забое скважины и учтенного в проекте в основании сваи. При несоответствии глубины заделки бурового инструмента в этот грунт, а также при наличии по длине скважины неустойчивых грунтов, приостановить работы и пригласить представителей проектной организации для принятия решения (корректировка длины, изменение количества свай и т.д.). Работы можно продолжить только после получения разрешения представителя авторского надзора, которое должно быть оформлено в Журнале авторского надзора. **8.5.** Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта. **8.6.** После извлечения бурового инструмента из скважины в ее устье установить трубу-кондуктор, место примыкания трубы с грунтом по периметру скважины уплотнить для исключения попадания в скважину вымытых из нее фрагментов грунта и шлама. **8.7.** Бетонирование скважин должно производиться не позднее 8 часов после окончания бурения. При невозможности бетонирования в указанный срок бурение скважин начинать не следует, а уже начатых прекратить.

9. Бетонирование свай ЭРТ: 9.1. Бетонирование производится через бетонолитную колонну диаметром не менее 40мм, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплывания частиц грунта. **9.2.** Приготовление мелкозернистого бетона производить на строительной площадке непосредственно перед его нагнетанием в скважину. Для приготовления и подачи бетона применяется пневморастворонагнетатель ПРН-500 (ПРН-300). **9.3.** Следует контролировать объем закачиваемой в скважину бетонной

смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину бетонной смеси должен превышать объем выбуренного грунта. **9.4.** Перерывы в подаче отдельных порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией. **9.5.** Не допускается понижение уровня бетонной смеси в устье скважины ниже кромки трубы-кондуктора.

10. Электроразрядная обработка скважины, заполненной бетонной смесью: 10.1. Мощность накапливаемой энергии не менее 40кДж. **10.2.** Обработка забоя: - электродная система устанавливается на забой скважины; - производится серия из 15 электровзрывов и до падения уровня бетонной смеси в скважине не менее 20см; - проверяется степень уплотнения разрушенного буровым инструментом грунта на "отскок", для чего электродная система устанавливается на грунт в забое скважины, после разряда определяется величина погружения ее в грунт. При погружении электродной системы в грунт основания за 3 электровзрыва менее 3 см - грунт принимается соответствующим требованию средней плотности. При осадке электродной системы более 3 см продолжить электроразрядную обработку скважины и через 10 разрядов повторить проверку "на отскок". После достижения осадки менее 3см, приступить к обработке ствола сваи. При снижении уровня бетонной смеси в устье скважины до нижней кромки трубы-кондуктора следует долить бетонную смесь до верхней кромки трубы-кондуктора. После окончания электроразрядной обработки забоя скважины следует измерить (просуммировать) общий уровень снижения бетона в устье скважины. **10.3.** Формирование тела сваи по длине ствола выполнять ярусами с шагом ярусов электроразрядной обработки 1,0м и количестве электровзрывов на каждом горизонте не менее 5. Верхняя часть ствола сваи на глубину 2,0м электроразрядной обработке не подвергается. **10.4.** В процессе формирования тела сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до верхней грани кондуктора. Долив смеси производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и снижения уровня бетонной смеси до нижней кромки трубы-кондуктора. **10.5.** По результатам контроля падения уровня бетонной смеси в опытной скважине или объема добавляемой бетонной смеси и сейсмических возмущений в зоне формирования геотехнического элемента, при необходимости, откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.

11. Монтаж пространственных каркасов: 11.1. Нижнюю секцию арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой. **11.2.** Необходимо контролировать положение арматурного каркаса после установки его в проектное положение. Каркас закрепить от погружения и смещения в плане. **11.3.** При погружении арматурного каркаса в скважину допускается: - вращение каркаса вокруг продольной оси; - использование вибраторов, вибропогружателей общей мощностью до 5кВт; - поднятие на высоту до 4м и опускание каркаса: погружение "в расходку". **11.4.** Если при погружении арматурного каркаса в скважину, встретится препятствие и каркас не будет погружаться, следует: - арматурный каркас извлечь из скважины; - установить заливочную колонну на зобой скважины; - промыть скважину бетонной смесью, до выхода на поверхность комков разуплотненного грунта; - убрать заливочную колонну; - опустить арматурный каркас в скважину. **11.5.** Секции каркасов перед установкой следует очистить от случайно налипшего на него грунта.

12. Уход за бетоном: 12.1. В течение первых двух суток после изготовления сваи следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор доливать бетонную смесь до проектной отметки. **12.2.** При формировании оголовков свай каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя. **12.3.** Сразу после окончания бетонирования, выступающие над поверхностью земли оголовки свай, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами. В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения. **12.4.** В начальный период ухода свежееуложенная

бетонная смесь в оголовках свай должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом.

13. Производство бетонных работ при отрицательной температуре воздуха: 13.1.

За три дня до производства бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5 °С или минимальная суточная температура ниже 0°С, предусматривать в бетонные смеси противоморозные добавки. **13.2.** Бетонная смесь с противоморозными добавками при укладке должна иметь температуру не ниже +10 °С. **13.3.** При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должно вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения бетоном необходимой прочности. **13.4.** Для снижения теплопотерь в процессе твердения бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена. **13.5.** Не допускается перегрев бетона свай (нагрев более 70 °С). **13.6.** В течение 4 часов после установки арматурного каркаса в скважину следует доливать бетонную смесь. **13.7.** После окончания работ и перерывах в работе более 50 мин. шланги для подачи бетона промыть горячей водой, продуть сжатым воздухом и убрать в теплое помещение. До начала производства работ шланги развернуть, продуть сжатым воздухом и промыть горячей водой. **13.8.** Для исключения промораживания грунтов при перерывах в работе открытые скважины должны быть изолированы от атмосферного воздуха. **13.9.** При температуре ниже -20 °С работы по изготовлению свай ЭРТ должны быть остановлены.

14. Производство бетонных работ при температуре +25 °С: 14.1.

Температура бетонной смеси не должна превышать +35 °С. **14.2.** Доливка бетонной смеси после установки арматурного каркаса должна осуществляться через каждый час. **14.3.** После стабилизации усадки бетонной смеси оголовки свай должны быть покрыты влажным песком слоем 50мм, и периодически по мере высыхания поливаться водой. **14.4.** При температуре выше +35 °С работы по изготовлению свай ЭРТ должны быть остановлены.

15. Обеспечение качества изготовления свай ЭРТ: 15.1.

Изготовление свай ЭРТ должны проводить организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организована система обеспечения качества (ИСО 9001-2001), что должно быть подтверждено сертификатом соответствия. **15.2.** При изготовлении свай ЭРТ следует освидетельствовать: плано-высотную привязку свай; - диаметр и глубину скважин на соответствие проекту; - вид грунта в основании сваи и его соответствие учтенному проектом (по остаткам на элементах бурового инструмента в основании сваи); - уплотнение грунта в основании сваи, разрушенного буровым инструментом; - соответствие арматурного каркаса проекту (число секций, длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узел соединения секций) и глубину погружения каркаса в скважину; - качество приготавливаемой бетонной смеси (расход материалов, подвижность); - глубину погружения заливочной колонны в скважину и качество заполнения скважин бетоном; - затруднения при погружении арматурного каркаса под собственным весом в скважину (свободное погружение арматурного каркаса до проектной отметки - свидетельствует об отсутствии в скважине пережимов грунта и гарантирует сплошность ствола сваи); - погружение электродной системы; - расход бетонной смеси, используемой при производстве свай ЭРТ: - при заполнении скважины; - при промывке; - при обработке нижнего конца и на каждом горизонте; - суммарный расход бетона на скважину. **15.3.** Контроль прочности бетона осуществлять по ГОСТ 18105-2015 «Бетоны. Правила контроля прочности» и ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» путем отбора проб бетонной смеси на месте ее изготовления и последующего твердения в нормальных условиях, отвечающих требованиям п.2.3.2 ГОСТ 10180-2012. **15.4.** Акты освидетельствования скрытых работ оформляются по форме, оговоренной в актуализированном СНиП 12-01-2004 «Организация строительства», должны составляться на завершённый процесс (сваю), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей (комплексной бригадой) в течение смены. **15.5.** Не допускается выполнение последующих

9. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
10. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
11. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
12. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Несоответствия в надежной эксплуатации объекта культурного наследия – Чувакского драматического театра им К.В. Иванова // Жилищное строительство. №4.2023. Стр. 70-75.
15. Sokolov N.S., Viktorova S.S. METHOD OF ALIGNING THE LURCHES OF OBJECTS WITH LARGE-SIZED FOUNDATIONS AND INCREASED LOADS ON THEM // Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.
16. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буринъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 66-70.
17. Никанорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища // Жилищное строительство. 2017. №9. С.13-19.
18. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. T. 771. C. 56-69.
19. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буринъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
20. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с многоместными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
21. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. C.1-11.

Соколов Н.С.

Подход по увеличению несущей способности свай

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-740

Аннотация

В современном геотехническом строительстве имеется в наличии ряд технологий по устройству буровых свай. Известно, что несущая способность по грунту F_d любой сваи является основным показателем для целей восприятий повышенных нагрузок от надфундаментных конструкций. Для достижений повышенных значений F_d для большинства технологий устройства заглубленных конструкций **основным направлением является** или увеличение диаметра сваи или ее длины. При таком походе буровые сваи при повышенных нагрузках на них будут громоздкими. **Вторым подходом увеличения F_d** является прогрессивная технология устройства буровых свай с помощью промежуточных уширений. Для этих свай основным для увеличения несущей способности буровых свай является не увеличение их диаметра, а количество уширений вдоль их длины. В настоящей статье рассматривается **третий подход устройства буровых свай** повышенной несущей способности, основанной на совместной работе грунтоцементной сваи, сваи SFA (НПШ) и окружающего массива грунта.

Ключевые слова: буровая свая, несущая способность, грунтоцементная свая, электроразрядная технология, технология непрерывного проходного шнека SFA (НПШ), грунтобетонная свая (ГБС).

Abstract

Modern geotechnical construction provides a lot of technologies for driving bored piles. Load-bearing capacity F_d of any pile in soil is known to be the key parameter for perceiving high loads from above-foundation structures. To achieve high F_d in most technologies of installing buried structures, **the primary trend** is to increase either pile diameter or its length. For this approach, bored piles are bulky when exposed to high loads. **The second approach to increase F_d** is a progressive technology for driving bored piles using intermediate widenings. The basis for improving the load-bearing capacities for these piles is not an increase in the diameter but rather the number of widenings along their length. This article considers the third approach to installing bored piles of high load-bearing capacity based on the joint work of a soil-cement pile, an SFA pile and the surrounding soil mass.

Keywords: bored pile, load-bearing capacity, soil cement pile, electrical discharge technology, sectional flight auger technology (SFA), soil concrete pile.

Устройство буровых свай повышенной несущей способности F_d является важной геотехнической задачей при возведении зданий повышенной этажности. Для достижения этой цели важно максимальное использование совместной работы свай с грунтом, а также его фрикционных характеристик.

В настоящей статье рассматривается один из подходов устройства буровой сваи, являющиеся синтезом 3-х геотехнических технологий: 1. **Get-технология** – устройство грунтоцементных свай согласно «СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования Москва. 2017»; 2. **Технология SFA** – устройство буроинъекционных свай с помощью непрерывных проходных шнеков (НПШ) в теле грунтоцементного массива вдоль его оси симметрии, как правило, диаметром не более 300 мм; 3. **Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай.** Электрогидравлический эффект возникающий при обработке мелкозернистого бетона способствует внедрению его в грунтоцементный массив. Тем самым происходит более полное сцепление этих двух конструктивных элементов [1-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Это обстоятельство позволяет сконструировать принципиально новую заглубленную железобетонную конструкцию – **грунтобетонную сваю**.

Ниже на рис. 1 приведена принципиальная схема устройства этой сваи, в том числе на рис. 1 а – схема устройства буроинъекционной сваи SFA (НПШ) (поз. 2) внутри грунтоцементной сваи (поз. 1), а на рис. 1 б – схема устройства буроинъекционной сваи SFA (НПШ) (поз. 3) мелкозернистый бетон которой обработан с помощью электрогидравлической технологии и армирован пространственным каркасом (поз. 4), внутри грунтоцементного массива (поз. 1).

Заглубленная железобетонная конструкция – грунтобетонная свая приведенная на рис. 1 б в отличие от других типов имеет сложную конструкцию поперечного сечения. Несущим элементом служит электрогидравлически обработанная и армированная свая SFA (НПШ) (поз. 3). Ее несущая способность по наружной поверхности зависит от фрикционных характеристик грунтоцементной составляющей (поз.1) (см. рис.2).

Кроме того свая SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом работает как железобетонная свая трения по боковой поверхности с окружающим грунтом (см. рис. 3).

Таким образом, можно предложить следующий алгоритм определения несущей способности комплексной грунтобетонной сваи (ГБС):

1. Гипотеза о том, что произойдет срыв сваи SFA (НПШ) по контактной наружной поверхности под внешним воздействием сосредоточенной нагрузки N_l (см. рис. 2). При этом значения предельных сдвигающих сил по наиболее слабому бетону $N_{bxy,ult}$ (грунтоцементный массив) следует определить по формуле (8.114) СП 63.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

$$N_{bxy,ult} = 0,3 \cdot R_{bt} \cdot A_b \quad (1)$$

где A_b – рабочая площадь поперечного сечения бетона сваи по контакту с грунтоцементным массивом (принимается площадь наружной поверхности сваи SFA (НПШ)): $A_b = \pi d \cdot h$, здесь d – диаметр сваи, м; h – ее длина; R_b – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение: принимается по табл. 6.8 СП 63.13330.2012.

Несущая способность F_{d1} будет равной

$$N_{bxy,ult} \text{ т.е. } F_{d1} = N_{bxy,ult}. \quad (2)$$

2. Гипотеза о том, что срез сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом произойдет по ненарушенному грунту от внешней нагрузки, предполагает определение несущей способности F_{d2} по формуле (7.11) СП 24.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты». В том случае схема к расчету приведена на рис. 3. $F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + \gamma_{cf} \cdot u \sum f_i \cdot h_i)$. (3)

3. Из двух значений F_{d1} и F_{d2} принимается в качестве нормативного значения F_d минимальное значение.

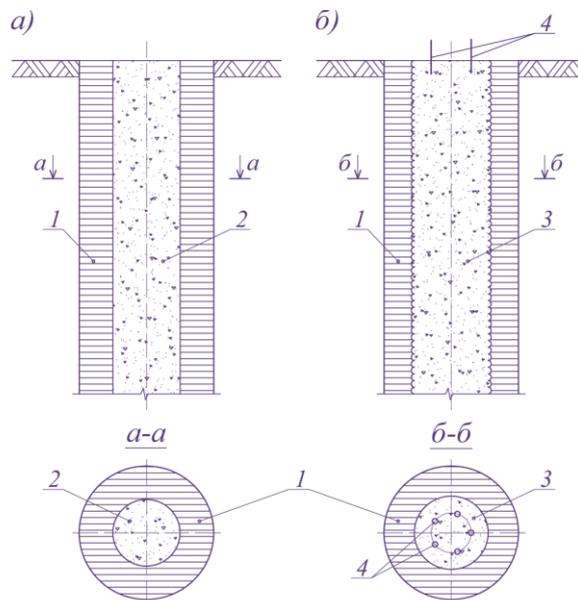


Рисунок 1 Схема устройства грунтобетонной сваи (ГБС)

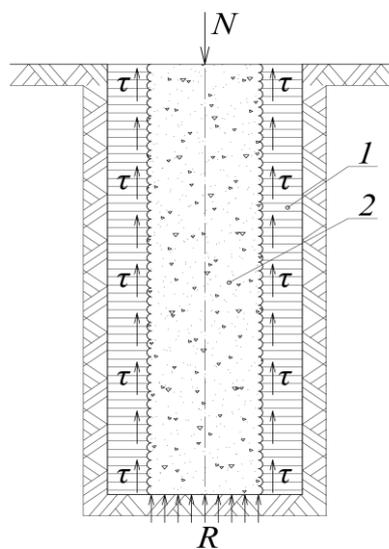


Рисунок 2 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) по грунтоцементному основанию F_{d1} 1-грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ)

Ниже приведем пример определения несущей способности грунтобетонной сваи (ГБС).

Инженерно-геологический разрез (см.рис.4) ИГЭ №1 площадки строительства от поверхности представлен насыпным грунтом с включениями обломков кирпича.

Ниже залегает ИГЭ №2. Это суглинки лёссовые непросадочные, (prQIII), от мягко- до туго- пластичной консистенции, редко полутвердый, с числом пластичности $I_p=0,14$. Далее подстилается ИГЭ №3. Суглинки песчанистые (pdQIII) тугопластичные с $I_p=0,14$, залегают в подошве четвертичных грунтов фрагментами в виде линз мощностью 0,5-1,2 м. ИГЭ №4. Представляют глины алевритистые (P_{2t}) и с прослойками алевритов, полутвердые, с числом пластичности $I_p = 0,30$.

Несущую способность сваи SFA (НПШ) относительно грунтоцементного массива на гипотезе 1 определяем по формуле (1): $F_{d1}=0,3 \cdot R_{bt} \cdot A_b = 0,3 \cdot 480 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 11,2=1519$ кН.

Здесь R_{bt} – расчетное сопротивление осевому растяжению при $V_{7,5}$ равно 480 кПа,

A_b – площадь нагруженного периметра сваи SFA (НПШ) при $\varnothing 300$ равна $A_b = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 11,2=10,6$ м²

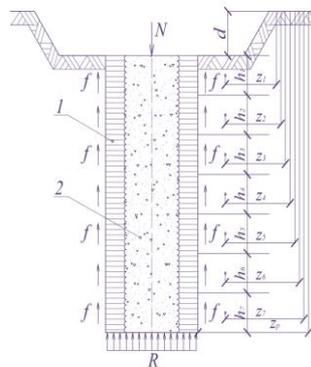


Рисунок 3 Схема к определению несущей способности сваи SFA (НПШ) совместно с грунтоцементным массивом по грунту (грунтобетонные сваи (ГБС): 1-грунтоцементный массив, 2 – свая SFA (НПШ).

Для определения несущей способности по гипотезе 2 на рис. 4 приведена схема к расчету.

В формулу (3) подставляя при среднем диаметре $\varnothing = 600$ мм: $A=0,28$ м²; $u=1,88$ м определяем несущую способность F_d

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + \gamma_{cf} \cdot u \sum f_i \cdot h_i) = 1(1 \cdot 1500 \cdot 0,28 + 1 \cdot 1,88 \cdot 367) = 1109 \text{ кН.}$$

Таким образом, анализируя предыдущие расчеты в качестве расчетной несущей способности принимается минимальное значение $F_d = F_{d2} = 1106$ кН.

№№ ИГЭ	Обозначение инженерно-геологических элементов	Схема к определению несущей способности сваи	h_i м	z_i м	z_{Rp} м	J_L д.е	f_i кПа	$f_i h_i$ кН/м	R_i кПа
1	ИГЭ №1 ИГЭ №2 ИГЭ №3 ИГЭ №4		$d=2,5$						
1			f_1	1,8	3,4	0,27	30,0	54,0	
2			f_2	2,0	4,4		38,0	76,0	
3			f_3	2,0	6,4	0,64	16,0	32,0	
4			f_4	2,0	8,4		18,0	36,0	
5			f_5	2,0	10,4		19,0	38,0	
6			f_6	2,0	12,4		21,0	42,0	
7			f_7	0,5	12,7	13,7	0,36	38,0	19,0
8	f_8	1,0	13,2	0,17	70,0		70,0		
							367 кН/м		

Рисунок 4. Схема к определению несущей способности грунтобетонной сваи по грунту.

Выводы:

1. Грунтобетонная свая (ГБС) являясь синтезом Get – сваи и сваи – ЭРТ изготовленной по разрядно-импульсной технологии является новым направлением в геотехническом строительстве.

Несущую способность ее по грунту рекомендуется определять как для буровой сваи.

2. За счет электрогидравлической обработки можно существенно повысить прочность грунтоцементного массива.

1. Сергеев С.В., Рыбалов М.А. Инженерно-геологические условия функционирования комплекса Белгородского государственного университета / Научные ведомости НИУ «БелГУ», Серия Естественные науки. 2010. №3 (74). Выпуск 10.
2. СП 24.13330.2011 актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М.: Минрегион России, 2011. 85с.
3. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). М.: Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (ГОССТРОЙ). 2013.
4. Никанорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища //Жилищное строительство. 2017. №9. С.13-19.
5. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буроинъекционных свай ЭРТ //Строительство: Новые технологии - новое оборудование. 2017. №12.С. 37-42.
6. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с местными уширениями //Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
7. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроинъекционных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв.редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И.Тарасов. 2014.С. 415-420.
8. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности //Жилищное строительство. 2017. №11.С 20-25.
9. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары //Геотехника. 2016. №1.С. 60-65.
10. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
11. Sokolov N.S., Pushkarev A.E., Evtiukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.
12. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с местными уширениями. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 25-28.
13. Соколов Н.С., Викторова С.С., Смирнова Г.М., Федосеева И.П. Буроинъекционная свая ЭРТ как заглубленная железобетонная конструкция. Строительные материалы. 2017. №9, С. 47-49.

Соколов Н.С.

Схема устройства установки для изготовления буроинъекционных свай

ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»

ООО НПФ «ФОРСТ»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-741

Аннотация

Электроразрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (свай ЭРТ) в геотехническом строительстве имеет широкие перспективы. Благодаря тому, что она обладает уникальностью и универсальностью для достижения задач геотехнического строительства настоятельно необходима электротехническая конструкция способная к

накоплению энергии с последующей разгрузкой в виде электрогидравлического удара в теле мелкозернистого бетона на стенки скважин через излучатель.

Ключевые слова: генератор импульсных токов (ГИТ), емкость накопительной батареи, максимальная потребляемая электрическая мощность, электроразрядно-импульсная технология (ЭРТ), электрогидр-авлический удар (ЭГУ), магнитный пускатель (МП), коаксиальный кабель (КВИМ) буроинъекционная свая ЭРТ, несущая способность сваи по грунту F_d .

Abstract

The electrical discharge technology (EDT) for installing continuous flight augers is widely applied in geotechnical construction. Since it is unique and flexible in geotechnical construction, an electrical structure is required, which is capable of accumulating energy followed by unloading through an electrohydraulic impact within fine concrete on the bore walls via an emitter.

Keywords: pulse current generator (PCG), storage battery capacity, maximum power consumption, electrical discharge technology (EDT), electrohydraulic impact (EHI), magnetic starter (MS), coaxial cable, EDT continuous flight auger, load bearing capacity in soil F_d .

Накапливая электротехническую энергию от 1 до 100 кДж генератор импульсных токов (ГИТ) периодически с интервалом 5-15 сек производит разгрузку через коаксиальный кабель КВИМ (кабель высоковольтный импульсный малоиндуктивный) через излучатель в мелкозернистый бетон. С помощью возникающего электрогидравлического удара создается результирующий эффект возведения буроинъекционной сваи с регулируемым значением ее несущей способности по грунту F_d . В настоящей статье приводится принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов как результат длительных исследований по созданию установки для изготовления свай ЭРТ с требуемыми параметрами несущей способности и осадок.

Современное геотехническое строительство обладает рядом современных технологий возведения заглубленных сооружений. Наиболее часто используемые из них – это буровые сваи. Наиболее оптимальной из них является электроразрядная технология устройства буроинъекционных свай (свай ЭРТ).

Электроразрядная технология устройства буроинъекционных свай ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буроинъекционных буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т. д.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, Росси. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности сваи выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [1÷14]. Несущая способность свай ЭРТ с одним уширением в 2 – 2,5 раза, а с двумя – в 3 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Генератор импульсных токов (ГИТ) предназначен для обработки буроинъекционных свай электрогидравлическим ударом, возникающем при электрическом разряде в среде мелкозернистого бетона в пробуренных скважинах [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

Известно, что при создании высоковольтных электрических разрядов возникает электрогидравлический эффект, который выражается, в создании сверхвысокого давления, способного совершать механическую работу в виде уплотнения грунта стенок скважин.

Генератор импульсных токов представляет собой электрическую конструкцию из нижеприведенных блоков (см. рис.1, 2): 1. Блок питания и заряда ёмкостного накопителя энергии - БЗЁНЭ; 2. Ёмкостной накопитель энергии – ЁНЭ; 3. Блок управления зарядом - БУЗ; 4. Пульт дистанционного управления – ПДУ; 5. Силовой кабель питания; 6.

Высоковольтная энергомагистраль - ВЭМ; 7. Кабель заземления; 8. Излучатель электрической энергии; 9. Колонна труб излучателя; 10. Спуско-подъемное устройство колонны труб излучателя.

Ниже приведено описание принципиальной схемы электрической ГИТ. Однофазное переменное напряжение сети ~220 Вольт преобразуется на высоковольтном трансформаторе TV1 в высокое напряжение ~ 10 кВ, которое через токоограничительный конденсатор С1 поступает на выпрямитель VD1 собранный по однофазной мостовой схеме.

Постоянное высокое напряжение через зарядное сопротивление R1 осуществляет заряд емкостного накопителя энергии (ЁНЭ), конденсаторы С2 и С3. Накопленная энергия от ЁНЭ через высоковольтный управляемый разрядник F2 передается по высоковольтной энергомагистральной ВЭМ на излучатель электрической энергии.

Пробой F2 осуществляется в момент достижения уровня напряжения на ЁНЭ величины, установленной в блоке управления зарядом - БУЗ. Пробой F2 осуществляется путем ионизации (поджига) одного из воздушных промежутков F2 высоковольтными импульсами, вырабатываемыми схемой ГИТ. БУЗ предназначен для управления: автоматическим зарядом конденсаторов ЁНЭ до заданного значения напряжения, поджигом F2, разрядом ЁНЭ на балластные резисторы, защитой ЕНЭ от перенапряжения. В БУЗ также формируется синхронный импульс для запуска внешних устройств (например, осциллографа компьютера и т.д.). В БУЗ, кроме того, формируется сигнал на электрический счетчик импульсов для автоматизированного подсчета количества произведенных разрядов.

Принципиальная схема ГИТ представлена ниже на рис. 1.

После включения сетевого автомата QF1, ~ напряжение 220 Вольт подается на первичную обмотку трансформатора TV2, со вторичных обмоток которого соответствующие напряжения поступают в схему БУЗ.

Для начала высоковольтного заряда ЁНЭ необходимо нажать кнопку SB3 «ПУСК» (на передней панели БЗЁНЭ) или две кнопки SB2.1 и SB2.2 «ПУСК» (на ПДУ). При этом включается промежуточное реле К4 при замкнутых контактах SQ БЛОКИРОВКА в соответствующих местах корпуса установки.

Контакты К4.2 реле К4, замыкаясь, подают питание на катушку короткозамыкателя К1. При этом К1, включившись, разблокирует ЁНЭ от корпуса. Контакты К4.1 реле К4, замыкаясь, подготовят магнитный пускатель К2 к срабатыванию. Контакты К1.1 короткозамыкателя К1 через нормально замкнутые контакты К3.1 подключают К2 к сети ~220 В. При срабатывании К2 замыкаются его контакты К2.1 и К2.2, подключая высоковольтный трансформатор TV1 к сети ~220 В. Начинается заряд ЁНЭ. При этом контакты К2.1 блокируют кнопки «ПУСК» SB3 на панели БЗЁНЭ и SB2.1, SB2.2 на панели ПДУ. Далее ГИТ начинает работать в автоматическом режиме набора заряда ЁНЭ и сброса энергии заряда на излучатель, при повышении высокого напряжения на батарее конденсаторов ЁНЭ до уровня, установленного в БУЗ. Для прерывания автоматического режима следует нажать одну из кнопок «СТОП» на панели БЗЁНЭ или ПДУ, сразу после прохождения заряда с ЁНЭ на излучатель (для предотвращения перегрева балластных резисторов R7, R8, R9 в схеме ГИТ). Таким образом, осуществляется необходимая последовательность работы элементов схемы: подача питания в БУЗ - снятие заземления - подача напряжения заряда на ЁНЭ. Загорание сигнальной лампочки HL1 свидетельствует о процессе заряда батареи ЁНЭ и появлении высокого напряжения на ней.

Высокое напряжение со вторичной обмотки трансформатора TV1 через конденсатор С1, который ограничивает ток заряда (и во многом определяет время заряда, т.е. чем больше емкость, тем меньше время заряда, но в то же время больше ток заряда, а это уменьшает надежность работы выпрямителя) поступает на высоковольтный выпрямитель VD1. Через зарядное сопротивление R1 происходит заряд ЁНЭ, выполненного на конденсаторах С2, С3 (в конкретном случае в зависимости от типа конденсаторов в батарее количество и схема включения конденсаторов различна).

Параллельно ЁНЭ включен высоковольтный делитель R2, R3, сигнал с которого поступает в БУЗ для управления процессом заряда-разряда.

В ту же цепь включен высоковольтный делитель R4, R5 для измерения величины зарядного напряжения с помощью микроамперметров РА1.

Защитный разрядник F1 предназначен для защиты от перенапряжения ЁНЭ. Он представляет собой воздушный разрядник, настроенный на разряд при напряжении на батарее конденсаторов ЁНЭ, относительно корпуса, равном 10 кВ. Он включается в работу (при разомкнутых контактах К 1.2 короткозамыкателя К1) при превышении напряжения на ЁНЭ выше 10 кВ, замыкая цепь воздушного промежутка, и обеспечивает включение реле К3, контакты К3.1 которого размыкают цепь питания катушки магнитного пускателя К2. Магнитный пускатель (МП) К2 разрывает свои нормально разомкнутые контакты К2.2 и К2.3, при этом снижается напряжение с силового высоковольтного трансформатора TV1. МП К2 своими контактами К2.1.

Кроме того он разблокирует кнопки «ПУСК» в БЗЁНЭ и ПДУ и снижает питание с катушки промежуточного реле К4. Реле К4 своими нормально разомкнутыми контактами: К4.1 дополнительно разрывает цепь питания катушки магнитного пускателя К2; К4.2 разрывает цепь питания катушки К1 короткозамыкателя. Возврат промежуточного реле К4 в отключенное состояние происходит почти одновременно с включением реле К3 (при пробое разрядника F1). Короткозамыкатель К1 через контакты К1.2 разряжает ЁНЭ на корпус ГИТ (через балластные резисторы: R7; R8; R9, ограничивающие ток разряда ЁНЭ).

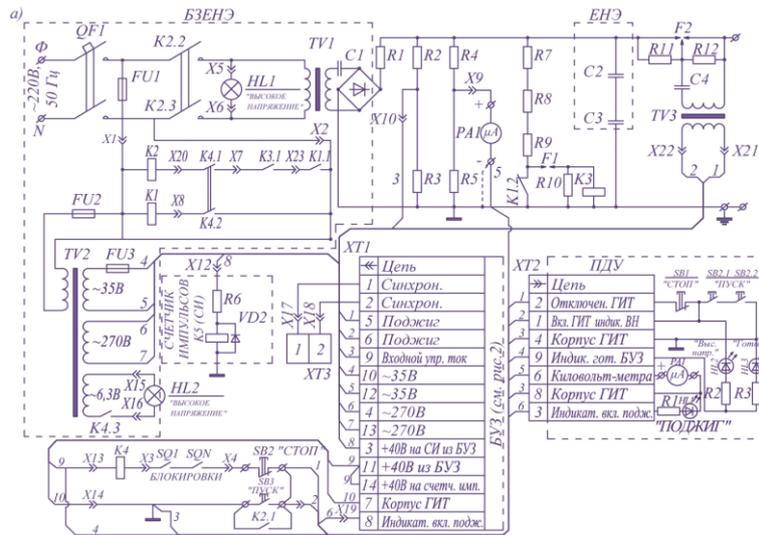
Если же схема работает в рабочем режиме, то вся энергия заряда (в момент поступления импульсов поджига с БУЗ через импульсный трансформатор TV3) при поджиге управляемого воздушного разрядника F2 мгновенно поступает по высоковольтной энергомагистральной на излучатель.

Прекращение следующего цикла заряда батареи и отключение схемы заряда ЁНЭ от сети производится нажатием кнопки SB2 «СТОП» на передней панели БЗ ЁНЭ или кнопки SB1 «СТОП» на ПДУ. Работа пульта дистанционного управления (ПДУ) приведена ниже. ПДУ предназначен для дистанционного включения схемы заряда и разряда ЁНЭ. Для этого имеются кнопки SB1 «СТОП» и две кнопки SB2.1 и SB2.2 «ПУСК». Светодиод HL1 дублирует светодиод HL2 «ПОДЖИГ» (в блоке БУЗ) и является индикатором включения поджига.

Светодиод HL2 загорается в момент подачи сетевого напряжения на силовой трансформатор TV1 и является индикатором заряда высоковольтным напряжением ЁНЭ. Светодиод HL3 дублирует светодиод HL1 «ГОТОВ», расположенный в блоке БУЗ, и является индикатором готовности блока БУЗ к работе. Микроамперметр РА1 используется в качестве киловольтметра и откалиброван для измерения напряжения ЁНЭ в киловольтметрах.

ПДУ представляет собой автономный блок, связанный через разъем ХТ2 многожильным кабелем с остальными элементами схемы ГИТ.

Разработанная установка имеет широкое практическое применение в геотехническом строительстве. Она внедрена в ряде геотехнических фирм, как ООО «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» (г.Чебоксары) и Научно-производственное объединение «РИТА» (г.Москва). Используя ГИТ, выполнено несколько тысяч объектов подземного строительства, таких как 1) сваи ЭРТ в свайных полях; 2) грунтовые анкера ЭРТ; 3) сваи ЭРТ в ограждениях котлованов; 4) цементация оснований и т.д.



Рисуно 1. Принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов (ГИТ)

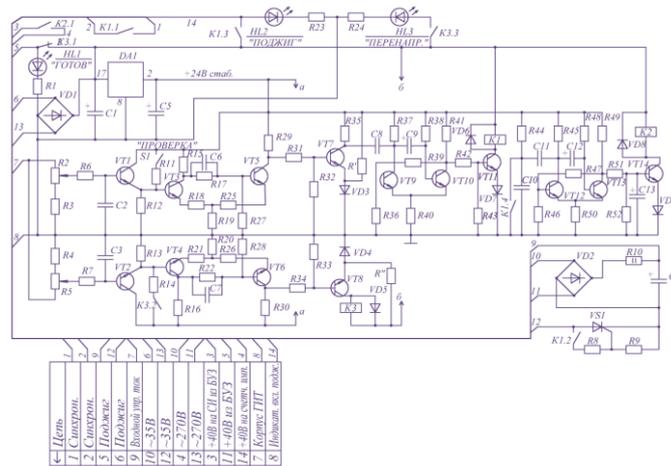


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема блока управления зарядом (БУЗ).

Выводы. Разработанная принципиальная электрическая схема генератора импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение в геотехническом строительстве при возведении заглубленных железобетонных конструкций. ГИТ, являясь накопителем высокой, до 100 кДж, электрической энергии, посредством разрядного устройства разгружаясь в заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола сваи создает условия к существенному, до 3,5 раз, увеличению F_d .

1. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буринъекционных свай-ЭРТ. // «ОФимГ». 2015. №1. С. 10-13.
2. Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буринъекционных свай при закр-елнении склонов // “Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции” Материалы V Всерос. конф. НАСКР-2005. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2005. С. 292-293.
3. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буринъекционных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: материалы VIII Всерос. (II-й Международной) конф. НАСКР - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С. 407-411.
4. Тетиор А.Н. Прогрессивные конструкции фундаментов для условий Урала и Тюменской области. // Свердловск: Сред. -Урал. кн. изд-во, 1971. 177 с.

5. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. М.: АСВ. 1997. 327 с.
6. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике. Путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. 2-е изд., доп., СПб.: Геореконструкция, 2012. 284 с.
7. Пат. №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заяв. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
8. Пат. 2318961 РФ, МПК E02D 5/34 (2006.01). Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Соколов Н.С., Таврин В.Ю., Абрамушкин В.А.; патентообладатель Соколов Н.С. №2005141698/03; заявл. 29.12.2005; опубл. 10.03.2008. Бюл. №7. 5 с.
9. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
10. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135
11. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
12. Лагутин А.С., Ожогин В.И. Сильные импульсные магнитные поля в физическом экс-перименте. М.: Энергоатомиздат, 1988. 192 с.
13. Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применения: пер. с англ. / под ред. Ф. Херлаха. М.: Мир, 1998. 456 с.
14. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 488 с.
15. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронабивных свай ЭРТ. Строительные материалы. 2017. 5. С. 16-19.
16. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища. Жилищное строительство. 2017. №9. С. 13-19.
17. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буронабивных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности. Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 66-70.
18. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары. Геотехника. 2016. 1. С. 60-65.
19. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности. В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции. Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. 2014. С. 411-415.
20. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка устройства для изготовления буронабивных свай ЭРТ. Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2017. 12. С. 37-42.
21. Sokolov N. Ezhov S. Ezhova S. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem Journal of Applied Engineering Science. 2017. T. 15. №4. p. 518-523.
22. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай. Строительные материалы. 2013. №5. С. 44-47.
23. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буронабивных свай Жилищное строительство. 2018. №1-2. С. 62-65.

Соколов Н.С.

Технология повышения несущей способности оснований

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-742

Аннотация

Возведение фундаментов с повышенными значениями несущей способности является актуальной задачей современного геотехнического строительства. Особенно оно востребовано при строительстве объектов в стесненных условиях и сооружений повышенной этажности. Часты случаи использования буронабивных свай по технико-экономическим соображениям не целесообразно. Буронабивные сваи-ЭРТ с множественными уширениями в этом случае оказываются максимально востребованы.

Ключевые слова: несущая способность, буронабивная свая, ростверк, свай-ЭРТ, многоместные уширения, инъекции.

Abstract

Erecting foundations with high load-bearing capacity is vital in modern geotechnical construction. It is especially crucial in construction in confined conditions and for high-rise buildings. It is common that auger piles are not feasible for technical and economic considerations. EDT continuous flight augers with multi-spot widenings are in the highest demand.

Keywords: load-bearing capacity, auger pile, foundation frame, EDT pile, multi-spot widenings, injections.

В современном геотехническом строительстве существуют технологии устройства фундаментов повышенной несущей способности. Одним из нормативных документов ТСН-306-2005 «Основания и фундаменты повышенной несущей способности» разработанным Министерством строительства, архитектуры и ЖКХ Ростовской области устанавливаются положения по улучшению строительных свойств грунтов оснований зданий и сооружений способами инъекции химических растворов, армирования основания через направленные гидроразрывы, армирования сваями-инъекторами и буронабивными элементами. Инъекции химическими растворами актуальны только для структурно-неустойчивых грунтов. Поэтому в современном геотехническом строительстве широко востребованы буронабивные сваи.

Возведение подземной части любого сооружения требует особого внимания [1÷4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] со стороны геотехников. Любое внедрение в основание элементов в виде строительных конструкций, а также извлечение из него грунта изменяет сложившееся в течение длительного геологического периода напряженно-деформированное состояние основания (НДС). Также извлечение из него грунтов приводит к его разуплотнению. При этом, чем больше диаметр рабочего органа буровой установки, тем значительны негативные последствия на основание как следствие вынутаго грунта из него. Для сведения отрицательных влияний к минимуму с целью восстановления существовавшего НДС при производстве буровых свай необходимо использовать технологии способствующие восстановлению структуры грунтов основания.

Проектные организации, как правило, при нагрузках на сваи чаще всего проектируют буронабивные сваи диаметром = 600 мм и более.

Практически любой инженер-строитель знает, что чем больше диаметр сваи, тем больше ее несущая способность. Можно назначить буронабивную сваю любого диаметра. Но основным критерием окончательного назначения типа (величины диаметра и длины) буронабивной сваи является кроме технической целесообразности также экономическая эффективность.

Инвестор всегда вкладывает денежные средства в наиболее экономичный и в то же время надежный тип фундамента. Таким образом, для случая свайного фундамента экономическая эффективность рассматривается совместно со стоимостью свайного поля и ростверков [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Для доказательства вышесказанного ниже приводятся выкладки доказывающие преимущества буроинъекционных свай, изготовленных по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) по сравнению с буронабивными сваями.

Определение несущей способности F_d производится по формуле (7.11) СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по табл. 7.2 СП 24.13330.2011; A - площадь опирания сваи на грунт, м²; u - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания по

боковой поверхности сваи, кПа (тс/м²), принимаемое по СП 24.13330.2011; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на значения расчетного сопротивления грунта и принимаемые по табл. 7.6 СП 24.13330.2011; γ_{cR} - коэффициент условий работы под нижним концом сваи согласно п. 7.26 СП 24.13330.2011.

По формуле (1) произведены расчеты несущей способности F_d по грунту различных типов буровых свай прорезающих текучепластичный суглинок с $IL = 0,9$, мягкопластичный суглинок с $IL = 0,6$. Пята сваи заделана в полутвердую глину. В качестве типов буровых свай использованы: 1) буроинъекционные сваи-ЭРТ без уширений и с уширениями под пятой и вдоль ствола; 2) буронабивные сваи $\varnothing 600, 800, 1000$ мм, изготавливаемые в обсадных трубах, под защитой тиксотронной глины, а также укладываемые с помощью глубокой вибрации. Результаты расчетов F_d по приведённым схемам на рис. 1 сведены в табл. 1.

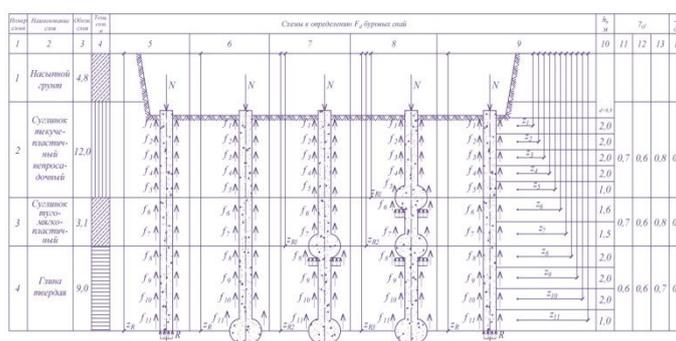


Рисунок 1 Схемы к определению несущей способности F_d буровых свай.

Примечания по столбцам: 5 - буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений; 6 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой; 7 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и ствола; 8 - буроинъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи; 9 - буронабивные сваи диаметром 600, 800, 1000 мм; 11 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 а табл. 7.6 СП 13330.2011; 12 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 б табл. 7.6 СП 13330.2011; 13 - коэффициенты γ_{cf} для буровых свай поз. 3 в табл. 7.6 СП 13330.2011.

Таблица 1

№ п.п	Тип сваи	Позиция	Несущая способность, кН	Расчетная нагрузка	Примечания	Объем сваи, м ³	Удельная несущая способность, кН/м ³	Удельная расчетная нагрузка, кН/м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Буронабивная свая $\varnothing 600$ $A=0,2826$ м ²	1	2330,0	1665,0	Буронабивная свая в обсадных трубах	5,6	416,0	297,3	
		2	2300,0	1640,0		5,6	410,7	293,0	
		3	2465,0	1760,0		5,6	440,2	314,3	
2	Буронабивная свая $\varnothing 800$ $A=0,50$ м ²	1	3760,0	2685,0		10,0	376,0	268,5	
		2	3725,0	2660,0		10,0	372,5	266,0	
		3	3935,0	2810,0		10,0	393,5	281,0	
3	Буронабивная свая $\varnothing 1000$ $A=0,785$ м ²	1	5540,0	3960,0		15,7	352,9	252,2	
		2	5500,0	3930,0		15,7	350,3	250,3	
		3	5770,0	4120,0		15,7	367,5	263,4	
5	Буронабивная свая $\varnothing 2000$ $A=6,28$ м ²	1	19400,0	13860,0		62,8	308,9	220,7	
		2	19850,0	14180,0		62,8	316,1	225,8	
		3	19860,0	14200,0		62,8	316,2	226,1	
6	Буроинъекционные сваи-ЭРТ $\varnothing 350$	4	1515,0	1080,0		буроинъекционная свая-ЭРТ без уширений	2,0	757,5	540,0

$A=0,10 \text{ м}^2$	5	1680,0	1200,0	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой	2,0	840,0	600,0
	6	1880,0	1340,0	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и вдоль ствола	2,0	940,0	670,0
	7	1930,0	1380,0	буринъекционная свая-ЭРТ с уширениями под пятой и двумя уширениями вдоль ствола сваи	2,0	965,0	690,0

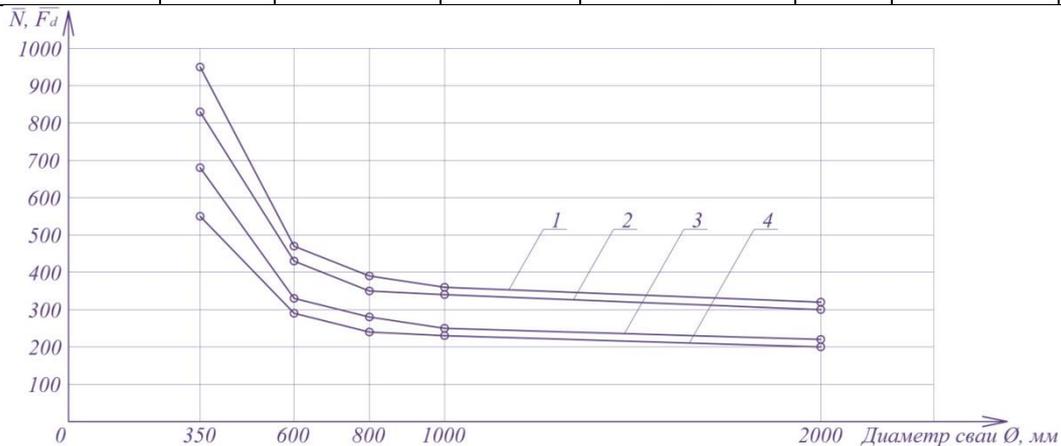


Рисунок 2. Графики зависимости $f(\varnothing, \overline{N})$ и $f(\varnothing, \overline{F}_d)$

где \overline{F}_d - удельная несущая способность [кН/м³], \overline{N} – удельная расчетная нагрузка; 1 и 2 – графики $f(\varnothing, \overline{F}_d)$; 3 и 4 – графики $f(\varnothing, \overline{N})$.

Примечания: 350-диаметр сваи-ЭРТ: 600, 800, 1000, 2000 – диаметры буронабивных свай [мм].

Для оценки величин несущей способности свай и расчетных нагрузок на них в табл. 1 имеются величины удельных значений, это удельная несущая способность \overline{F}_d соответствующая $\overline{F}_d = \frac{F_d}{V_c}$ и удельная расчетная нагрузка \overline{N} соответствующая $\overline{N} = \frac{N}{V_c}$, где V_c – объем рассматриваемой сваи.

Наиболее характерны графики зависимости \overline{N} и \overline{F}_d от диаметра и типа свай приведенные на рис. 2. Ярко прослеживается преобладание \overline{N} и \overline{F}_d для свай-ЭРТ с местными уширениями. Оно превышает в 2,5÷4,5 раз значений \overline{N} и \overline{F}_d для буронабивных свай. При этом с увеличением диаметра свай функции $f(\varnothing, \overline{F}_d)$ и $f(\varnothing, \overline{N})$ выполаживаются, стремясь к асимптоте.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с. 5 Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Высшая школа. 2007. 561 с.
4. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополненное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.

5. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буринъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности //Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9.С. 66-70.
6. Никанорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища //Жилищное строительство. 2017. №9. С.13-19.
7. Соколов Н.С, Соколов С.Н, Соколов АН. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары //Геотехника. 2016. №1.С. 60-65.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Использование буринъекционных свай ЭРТ в качестве оснований фундаментов повышенной несущей способности //Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9.С. 66-70.
9. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буринъекционных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016.№10. С.54.
10. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. С. 1-11.
11. Соколов Н.С.Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
12. Sokolov N.S. Pushkarev A.E., Evtukov S.A. Methods and technology of ensuring stability of landslide slope using soil anchors. В сборнике: Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations. Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures. Technologies and Calculations, GFAC 2019. 2019. С. 347-350.

Соколов Н.С.

Технология увеличения несущей способности буровых свай

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-743

Аннотация

В геотехническом строительстве наиболее часто используемыми заглубленными конструкциями являются буринъекционные сваи изготавливаемые по разрядно-импульсной технологии. Предпочтительное использование этих свай обусловлено с их повышенными значениями несущей способности по сравнению с другими типами буровых свай. Как правило, для любой строительной площадки сложной разнородными инженерно-геологическими элементами затруднительно добиться одинаковой несущей способности принятого типа свай в пределах пятна застройки. Использование свай-ЭРТ с регулируемыми значениями несущей способности дает возможность решать проблемы геотехнического строительства для конкретного объекта.

Ключевые слова: буринъекционные сваи, электроразрядная технология, несущая способность, расчетное сопротивление, инженерно-геологические элементы, сваи с промежуточными уширениями.

Abstract

Most frequently used embedded structures in geotechnical construction are continuous flight augers installed using an electrical discharge technology. Such augers are preferable because they have high load-bearing capacity as compared with other types of bored piles. Usually, it is hard to achieve the same load-bearing capacity for the adopted type of piles within the building footprint for any site composed of heterogeneous geotechnical elements. Using EDT augers with adjustable load-bearing capacity can address geotechnical construction issues for any given building.

Keywords: continuous flight augers, electrical discharge technology, load-bearing capacity, design resistance, geotechnical elements, piles with intermediate widenings.

Фундаменты с использованием буроинъекционных свай по разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ) обладают рядом конкурентных технических преимуществ по сравнению с другими типами фундаментов с применением буровых свай. Одним из отличительных параметров одних буровых свай от других является технология включения их в совместную работу с грунтом. Так, например, у большинства буронабивных и буроинъекционных свай (1 группа) заполнение ствола производится тяжелым или мелкозернистым бетоном методом «В.П.Т.» (вверх поднимающиеся заливочные трубы) при нагрузке от воздействия под собственным весом свежееккладываемого бетона. При этом разуплотненные грунты стенок скважин не восстанавливают естественную природную структуру. С учетом этого коэффициенты условий работы γ_{cr} и γ_{cf} в формуле (7.11) «СП 24.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» приняты соответственно $\gamma_{cr}=1$ и $\gamma_{cf} = 0,5 \div 0,8$ (см. табл. 7.2 СП 13330.2011). К этой же группе относятся буроинъекционные сваи изготавливаемые опрессовкой давлением 200÷400 кПа (2÷4 атм) с теми же коэффициентами.

К следующей группе относятся буровые сваи (2 группа), опрессовка стенок скважины которых производится с помощью камуфлетных уширений. Это буроинъекционные сваи, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения γ_{cr} и γ_{cf} , а именно $\gamma_{cr}=1,3$, а $\gamma_{cf} = 1,1 \div 1,3$ благодаря восстановлению структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай у второй группы свай составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2 \div 2,6$ раза.

При определении несущей способности F_d по формуле (7.11) СП 24.13330.2011 значения расчетных сопротивлений R и f определяются по таблицам 7.3 и 7.8. СП 24.13330-2011 В табл. 7.3 СП 24.13330 -2011 приведены значения f для различных значений IL и f , а в табл. 7.8 СП 24.13330 -2011 – то же для R . Для наглядности величины $R/f = f(h)$ для различных значений IL приведены ниже в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Зависимости $R/f = f(h)$ для различных значений IL .

1	IL=0,2			IL=0,3			IL=0,4			IL=0,5			IL=0,6		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, кПа$	$f, кПа$	R/f												
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9
5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40
18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
≥40	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

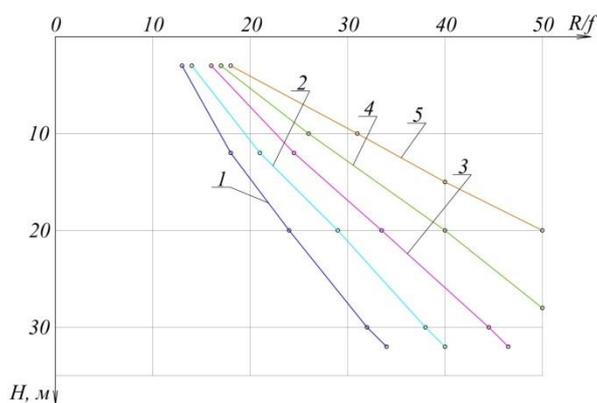


Рисунок 1 Графики зависимости $R/f = f(h)$ при различных значениях показателя текучести IL : 1 – для $IL=0,2$; 2 – для $IL=0,3$; 3 – для $IL=0,4$; 4 – для $IL=0,5$; 5 – для $IL=0,6$.

У буровых свай второй группы – буроинъекционных свай изготавливаемых по электро-разрядной технологии в отличие от буровых свай первой группы имеется главное преимущество. Это возможность уплотнения разуплотненных стенок буровых скважин посредством электрогидравлической обработки в среде мелкозернистого бетона сверх природного. В результате этого процесса в поперечном сечении свай-ЭРТ дополнительно к железобетонному сечению свай (поз. 1) образуются: 1) зона цементации (поз. 2); 2) зона уплотнения (поз. 3) (см. рис. 2).

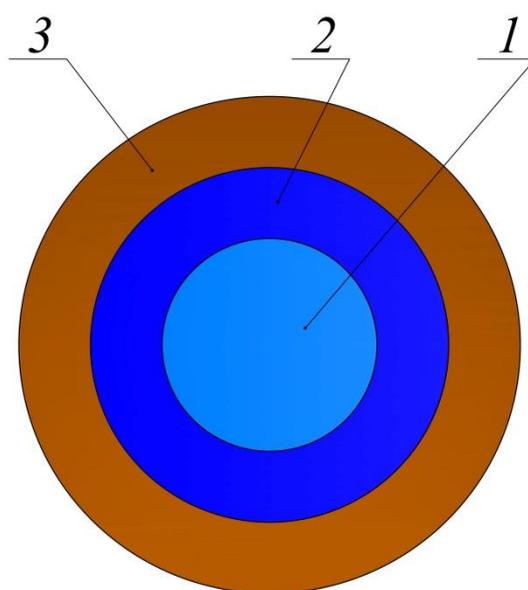


Рисунок 2 Поперечное сечение буроинъекционной сваи-ЭРТ.
1 – железобетонное сечение сваи-ЭРТ; 2 – зона цементации;
3 – зона уплотнения.

Для сложных инженерно-геологических условий строительной площадки с перемежающимися грунтами проблематичных происхождений к определению несущей способности буровых свай следует подходить обдуманно. Не всегда удастся добиться необходимой расчетной несущей способности сваи по грунту. Для буровых свай первой группы требуемые значения F_d возможно добиться только за счёт увеличения диаметра сваи. В случае возникновения отрицательного трения для его минимизации приходится увеличить кроме диаметра буровой скважины также дополнительно глубину их заделки в несущие более плотные грунты.

Буроинъекционные сваи-ЭРТ относятся к «микросваям». В отличие от буровых свай первой группы несущую способность такой сваи по грунту можно регулировать, не меняя диаметра бурового инструмента.

При весьма актуальности проблемы увеличения несущей способности буроинъекционных свай для оснований, сложенных проблемными грунтами, она особенно важна при уплотнительной застройке. Для этих целей наиболее оптимально подходят буроинъекционные сваи, изготавливаемые с использованием электроразрядных технологий (сваи-ЭРТ). Благодаря электрогидравлическому воздействию на стенки скважин происходит проникновение мелкозернистого бетона в грунт, увеличивая тем самым несущую способность свай-ЭРТ.

При этом имеются большие резервы в плане существенного увеличения несущей способности свай [1÷9, 10, 11, 12, 13, 14]. В результате создания уширений вдоль ствола и под пятой сваи-ЭРТ происходит многократное увеличение ее несущей способности по грунту. Практика проектирования, изготовления и эксплуатации таких свай показала их высокую эффективность.

Автор настоящей статьи в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Было доказано, что сваи ЭРТ с множественными уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений. В качестве подтверждения этого утверждения на рисунке 1 [7] приведены графики статических испытаний двух буроинъекционных свай ЭРТ без промежуточных уширений, несущая способность которых составила $F_d = 910$ и $F_d = 1\,010$ кН, а также двух таких же свай, но с промежуточным уширением и уширением по пяте, несущая способность которых оказалась равной $F_d = 1\,720$ и $F_d = 1\,850$ кН соответственно. Таким образом, несущая способность свай увеличилась в 1,8-2,0 раза. Тем самым сваи-ЭРТ с двумя уширениями имеют почти удвоенную несущую способность.

Статические испытания свидетельствуют о том, что несущую способность F_d свай-ЭРТ можно регулировать. Для этой цели как раз следует использовать уширения вдоль ствола свай так и под пятой.

Несущая способность свай буровой сваи по грунту в частности свай-ЭРТ определяется как сумма ее несущих способностей по пяте и по боковой поверхности. При вертикальном нагружении сначала вступает в работу боковая поверхность. После преодоления сил трения (срыве сваи по боковой поверхности) нагрузку на себя принимает пята (хотя, например, в СП 24.13330.2011 при определении несущей способности свай принимается, что включение в работу грунта под нижним концом и по боковой поверхности сваи происходит одновременно). Сваи-ЭРТ с множественными уширениями при нагружении работают иначе. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения нагрузки последовательно включаются нижележащие уширения, при этом каждое из них выполняет функцию дополнительной опоры. При этом несущая способность получается значительно выше, чем при трении о грунт боковой поверхности сваи без уширений. Это подтверждается анализом формул расчета несущей способности указанных свай, а также табл. 1 и рис. 1 настоящей статьи.

Несущую способность свай-ЭРТ с множественными уширениями следует определить по формуле (2) [7].

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + \gamma_{cR} \sum_{i=1}^n R_{i\text{бок}} A_{i\text{бок}} + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \quad , \quad (1)$$

где γ_c ; γ_{cR} ; γ_{cf} - коэффициенты условий работы; A - площадь поперечного сечения под пятой [м²]; $A_{i\text{бок}}$ - площадь i -го уширения [м²]; u - периметр сваи [м]; h_i - мощность i -го слоя грунта [м]; $R_{i\text{бок}}$ - расчетное сопротивление основания под i -м уширением [кПа]; f_i - расчетное сопротивление по боковой поверхности i -го слоя грунта [кПа].

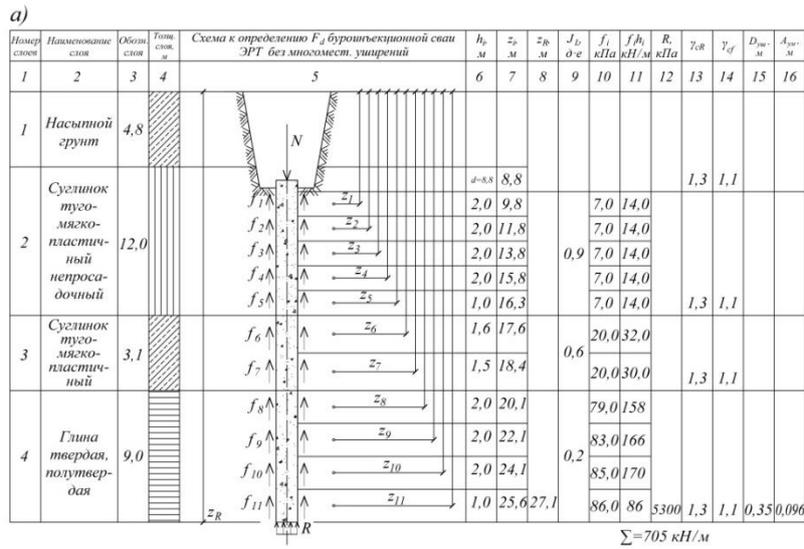


Рисунок 3-а.

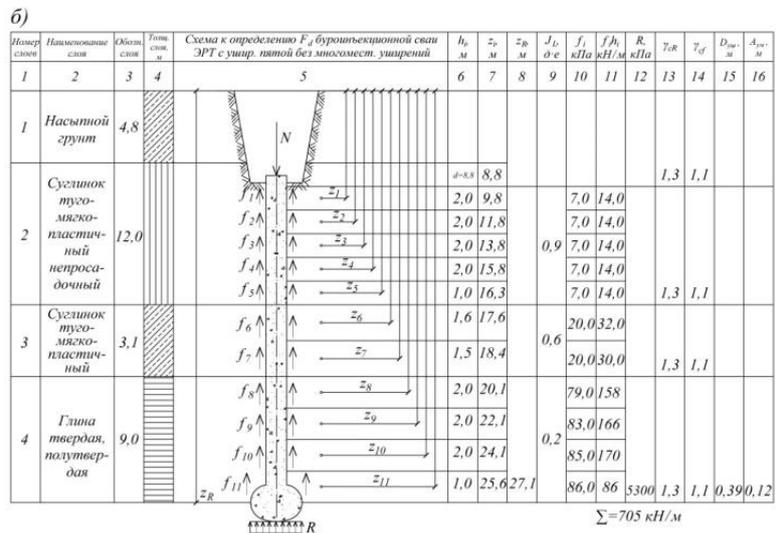


Рисунок 3-б.

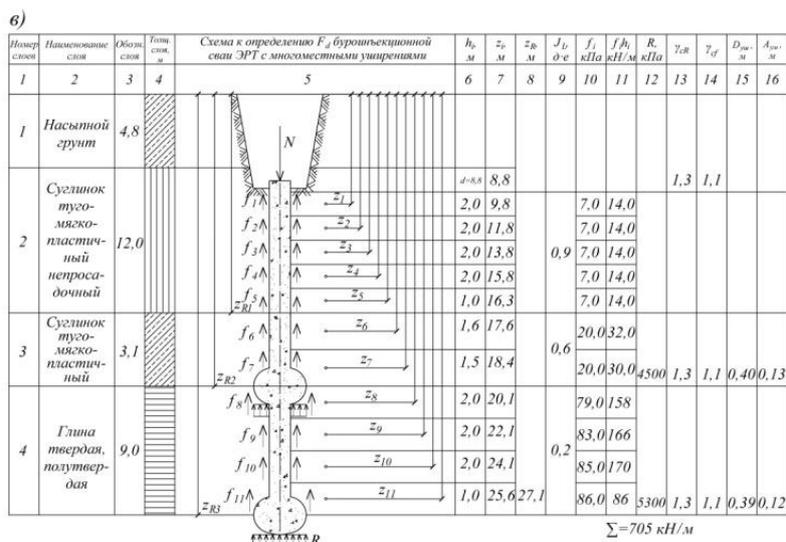


Рисунок 3-в.

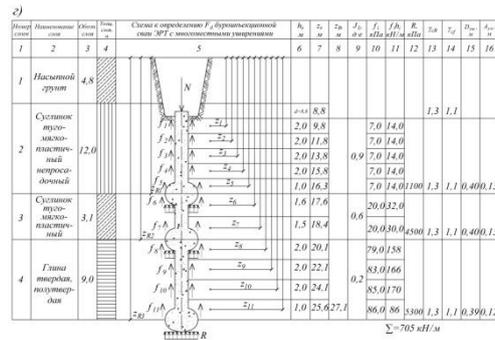


Рисунок 3-2.

Пример алгоритма расчетов несущей способности F_d сваи ЭРТ. Буквенные обозначения: N - вертикальная нагрузка; d - глубина котлована [м]; z_{Rj} - средняя глубина залегания уширения ($j = 1; 2; 3$); z_i - средняя глубина залегания i -го слоя грунта [м] ($i = 1; 2; \dots; 11$); IL - показатель текучести; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; $\gamma_{\text{ср}}$, $\gamma_{\text{сф}}$ - коэффициенты условий работы грунта соответственно под уширением и по боковой поверхности сваи над ним; R - расчетное сопротивление грунта под уширением; $D_{\text{уш}}$ - диаметр уширения [м] по формуле 14.28 ТР 50-180-06; $A_{\text{уш}}$ - площадь опирания уширения, [м²]. a - для свай-ЭРТ без уширения; b - для свай-ЭРТ с уширением под пятой; $в$ - для свай-ЭРТ с уширением под пятой и вдоль ствола; $г$ - для свай-ЭРТ с уширением под пятой и двумя уширениями вдоль ствола.

В качестве примера на рис. 3 приведены сравнительные расчеты несущей способности буронабивной сваи-ЭРТ без уширения (Рис. 3а), с одним уширением под пятой (Рис. 3б), с уширением под пятой и вдоль ствола (Рис. 3в), с уширением под пятой и двумя уширениями вдоль ствола (Рис. 3г).

Результаты расчетов F_d по формуле (1) на рис.3 составляют:

- для схемы на рис. 3 а - $F_d = 1513$ кН;
- для схемы на рис. 3 б - $F_d = 1679$ кН;
- для схемы на рис. 3 в - $F_d = 1877$ кН;
- для схемы на рис. 3 г - $F_d = 1927$ кН.

Вывод:

Использование буронабивных свай – ЭРТ с регулируемыми величинами несущей способности F_d открывает новое направление в геотехническом строительстве. Эти сваи обладая уникальными качествами перераспределения нагрузок и выравнивания расчетных неравномерных деформаций объектов будут широко востребованы как в новом строительстве, так и при реконструкции.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Hassiotis, S, Chamcau, J.L., Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123 (4). 314-323.
3. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Determination of pile base resistance in sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 125 (8). 673-683.
4. Mandolini, A., Russo, G., Veggiani, C. 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. Ground Engineering 38 (9): 34-38.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros, of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground", 16-18 May, 2011, ICE 28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.
6. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
7. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.

8. Соколов Н.С, Соколов С.Н, Соколов А.Н. Опыт восстановления здания Введенского кафедрального собора в городе Чебоксары //Геотехника. 2016. №1. С. 60-65.
9. Никанорова И.В., Соколов Н.С. Строительство и территориальное освоение оползнеопасных склонов Чебоксарского водохранилища //Жилищное строительство. 2017. №9. С.13-19.
10. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
11. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буроинъекционных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
13. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буроинъекционных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
14. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue 1. С.1-11.
15. Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.

Соколов Н.С.

Геотехническая установка для изготовления свай ЭРТ

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-744

Аннотация

Разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай открывает новое направление в геотехническом строительстве. Благодаря ее специфическим качествам она является оригинальной. В отличие от других технологий она позволяет изготовить буроинъекционные сваи повышенной несущей способности. Оригинальность этой технологии заключается в использовании генераторов импульсных токов для создания электрогидравлического эффекта в пробуренной и заполненной мелкозернистым бетоном скважине. Технология устройства буровых свай с помощью генератора импульсных токов способствует повышению надежности и электробезопасности путем уменьшения рабочего напряжения. При формировании высокоэнергетического импульса создаются условия, при которых образуется и развивается ударная волна в виде электрогидравлического эффекта в среде мелкозернистого бетона на грунт стенок буровой скважины. Генератор импульсных токов и высоковольтный разрядник являются единой конструкцией. При этом ГИТ является накопителем электрической энергии, а разрядник разгружает эту энергию в виде электрогидравлического эффекта. Тем самым создается свая-ЭРТ с повышенными значениями несущей способности по грунту. ГИТ широко используется в геотехнической практике при новом строительстве и реконструкции. Являясь уникальным инструментом при устройстве свай-ЭРТ и цементации оснований генератор импульсных токов имеет широкое практическое значение в строительстве.

Ключевые слова: батарея конденсаторов, рабочее напряжение, коаксиальный кабель КВИМ, шаговое напряжение, ГИТ, буровая свая, разрядно-импульсная технология (РИТ), местные уширения.

Abstract

The electrical discharge technology for installing continuous flight augers opens a new trend in geotechnical construction. It is unique thanks to its specific properties. Unlike other technologies, it is used to make continuous flight augers with high load-bearing capacity. It is distinctive for using pulse current generators to create an electrical hydraulic effect in a bored hole filled with fine concrete. The pile installation technology using a pulse current generator increases reliability and electrical safety by reducing operating voltage. Generating high-energy impulses creates conditions when a shock wave is formed and develops as an electrical hydraulic effect in fine concrete on the soil in bore well walls. The pulse current generator and the high-voltage discharger represent a single structure. The PCG is a

power storage accumulator, while the discharger discharges this energy as an electrical hydraulic effect. This creates an EDT pile with high load-bearing capacity in soil. The PCG is widely used in geotechnical practice in new construction and reconstruction. Being a unique tool in installation of EDT augers and cementation of foundations, the pulse current generator has a wide practical significance in construction.

Keywords: capacitor bank, operating voltage, coaxial cable KVIM, step voltage, PCG, bored pile, electrical discharge technology (EDT), multi-spot widenings.

Проблема повышения несущей способности буроинъекционных и буронабивных свай F_d является в настоящее время весьма актуальной проблемой в области геотехнического строительства. Особенно она злободневна при строительстве в стесненных и особо стесненных условиях, а также для случаев оснований сложенных проблематичными грунтами. Одним из направлений увеличения несущей способности свай по грунту F_d является создание уширений (подпятников) вдоль ствола сваи с конкретным шагом или в зависимости от напластования инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания, а также на уровне пяты буроинъекционной или буронабивной сваи. Для достижения этой цели наиболее приемлемой оказывается разрядно-импульсная технология устройства буроинъекционных свай (свай-ЭРТ) [5, 8, 10, 11, 12, 13, 14].

Для осуществления вышеприведенного алгоритма устройства свай-ЭРТ необходимы технологические устройства для создания уширений в теле бетона заполняющего буровую скважину. Этой конструкцией является генератор импульсных токов. Энергия, образованная в нем перемещается через коаксиальный кабель в заполненную бетоном скважину в виде электрогидравлического удара.

Следует отметить, что при использовании генератора импульсных токов часты случаи поражения шаговым напряжением обслуживающего персонала. Это зависит от внешних условий протекания для электрического тока в грунте (например, сопротивления грунта), уровня рабочего электрического напряжения и др. При случайном (аварийном) замыкании высоковольтного кабеля возможно физическое (световое, дуговое, электрическое и электродинамическое) воздействие.

Вышеперечисленное ведет к снижению эксплуатационной надежности работы генератора импульсных токов. При аварийном замыкании возможен выход из строя всей установки в целом.

В технологии ЭРТ выполнение обслуживающим персоналом разрядно -импульсной установки (РИУ) условий техники безопасности является обязательным. При этом дополнительные защитные мероприятия и средства по технике безопасности усложняют и удорожают технологию изготовления свай-ЭРТ. При этом они не достаточно эффективны и не могут обеспечить на все 100 % безопасность обслуживающего персонала при работе. Это особенно актуально при эксплуатации установки в полевых условиях, как например, во время работы под дождем, снегом, а также при мокром грунте.

Особенно важно, что при изготовлении буроинъекционных свай-ЭРТ должно быть уделено повышенное внимание на надежность технологии и электробезопасности посредством уменьшения рабочего электрического напряжения. При формировании высокоэнергетического электрического импульса необходимо создать такие условия, при которых возникнет электрогидравлический удар.

Изготовление буроинъекционной сваи-ЭРТ является многоэтапным процессом (см. рис. 1). Это: 1) бурение скважины; 2) подача в нее мелкозернистого бетона; 3) формирование высоковольтных электрических импульсов для возбуждения в твердеющем материале электрических разрядов с помощью перемещаемого в нем разрядника; 4) возникновение высокоэнергетических импульсов низкого напряжения; 5) с формированием каждого высокоэнергетического импульса низкого напряжения создаются дополнительные маломощные импульсы высокого напряжения для инициирования электрического разряда в перемещаемом разряднике. С целью обеспечения оптимальных условий изготовления

буроинъекционной сваи с высокими значениями несущей способности создаются электрические импульсы свыше 20 кДж напряжением 500-1000 В, а дополнительные маломощные импульсы - с напряжением 5-15 кВ, и энергией 200-2000 Дж длительностью (5-20)10⁻⁶ сек.

Технология устройства буроинъекционных свай-ЭРТ поясняется алгоритмом, приведенным на рис. 2, здесь t₁, t₂, t₃... t₈ - стадии изготовления заглубленной конструкции; 1 - скважина; 2 - мелкозернистый бетон; 3 - излучатель (разрядник); 4 - пространственный армокаркас; 5 - зарядно-выпрямительное устройство, 6 - емкостной высокоэнергетический накопитель электроэнергии; 7 - коммутатор накопителя электроэнергии; 8 - питающий низковольтный кабель; 9 - зарядно-выпрямительное устройство; 10 - маломощный высоковольтный источник; 11 - коммутатор маломощного высоковольтного источника; 12 - блок синхронизации; 13 - кабель; 14 - источник с дополнительным иницирующим электродом, размещенным в разряднике; 15 - область формирования разряда; 16 - часть выполненной сваи-ЭРТ. Блок синхронизации 12 выполнен для одновременного среагирования последовательно соединенных через него позиций 7 и 11.

Далее с помощью буровых станков производится проходка скважины 1 рассматриваемого диаметра (стадия t₁). При достижении устья скважины забурник извлекается из скважины 1, часть ее заполняется мелкозернистым бетоном 2 (стадия t₂). Погружается в скважину 1 пространственный армокаркас 4. Разрядное устройство 3 с питающим низковольтным кабелем 8 подсоединено к емкостному низковольтному накопителю энергии 6 (стадия t₃).

Зарядно-выпрямительное устройства 5 заряжает накопитель электрической энергии 6, например, энергоемкостью (20-50) кДж до низкого напряжения порядка до 1000 В (стадия t₄). Параллельно производится зарядка поджигающего устройства 10 энерго-емкостью порядка 200-2000 Дж до напряжения 5-15 кВ с его же помощью 9 (стадия t₅).

Далее подается серия синхронизированных при помощи блока синхронизации 12 высокоэнергетических низковольтных импульсов от накопителя 6, а также маломощных высоковольтных импульсов от источника 10 через кабели 8 и 13 коммутаторы 7 и 11 на разрядник 3 и дополнительный иницирующий электрод 14. Возникает серия низковольтных разрядов основного емкостного накопителя энергии 6 в результате пробоя при помощи образованного иницирующего разряда в области формирования разряда 15.

Такая технологическая последовательность провоцирует возникновение электрогидравлических ударов. Сформировавшиеся ударная волна воздействуют на мелкозернистый бетон 2 и грунт стенок скважины 1, увеличивая тем самым ее поперечное сечение, а также уплотняя мелкозернистый бетон и формируя часть сваи 16.

При подаче импульса низкого напряжения на разрядное устройство 14 не возникает электрического пробоя, вследствие того что величины напряжений не обеспечивают электрического зазора для пробоя даже при наличии квазипроводящей среды между электродами разрядника. Поэтому в зону электрического разряда для обеспечения этого эффекта подают иницирующий импульс высокого напряжения (5-15) кВ от дополнительного поджигающего устройства энергией равной (200-2000) Дж длительностью (5-20)10⁻⁶ сек синхронно с высокоэнергетическим, выше 20 кДж, импульсом низкого напряжения. Выбор оптимальных параметров напряжения электрического поджига, величины энергии и длительности поджигающего импульса осуществляется опытным путем из условий необходимости изготовления свай с высокими значениями несущей способности и прочности мелкозернистого бетона ствола, а также безопасности процесса изготовления сваи для обслуживающего технического персонала и оптимального использования существующего электрического оборудования.

С точки зрения выделения энергии при электрогидравлическом эффекте зазор между электродами должен быть порядка 10-20 мм по поверхности диэлектрика [1÷4]. Следует обратить внимание на то, что при низком электрическом напряжении величиной до 1000 В в этом промежутке разряда не образуется [5].

Электрическое напряжение до 1000 В (1 кВ) обусловлено граничным значением с точки зрения техники безопасности, т.к. считается, что высокое напряжение - это величина напряжения свыше 1000 В (1 кВ) [6]. Наиболее оптимальным нижним порогом низкого напряжения является его величина равная 500 В (выбирается исходя из малогабаритных

характеристик накопителя). Следует отметить, что при дальнейшем снижении величины напряжения резко возрастают габариты и вес накопителя [9].

В табл. 1 приведены параметры объема и массы накопителя в зависимости от величины зарядного (рабочего) напряжения для импульсного конденсатора К41И 7 (напряжение 5 кВ; емкость 100 мкФ; габариты Ах Вх Н=170х 122х 410 мм; объем V=0,0014 м3; масса m=15 кг) при условии накопления электрической энергии накопителем 20 кДж.

Таким образом, наиболее оптимальным является напряжение в интервале 500-1000 В.

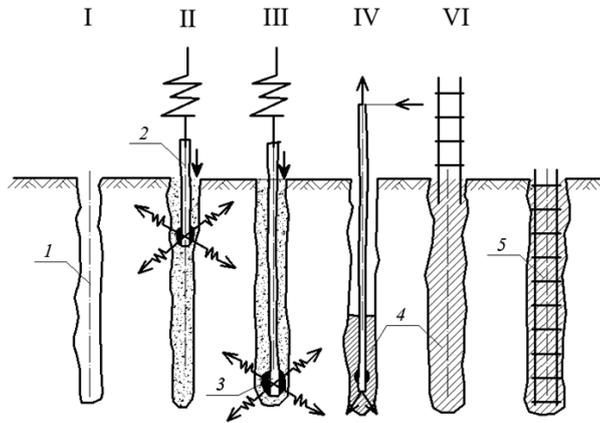


Рис. 1 Технологическая схема устройства свай ЭРТ (разрядно-импульсная технология): I – Устройство лидерной скважины; II, III – расширение скважины ЭРТ обработкой; IV – замещение рабочей жидкости бетонной смесью и активация ее по ЭРТ; V, VI – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь; 1 – скважина, заполненная рабочей жидкостью; 2 – заливочная штанга; 3 – электрический излучатель; 4 – бетонная смесь; 5 – арматурный каркас

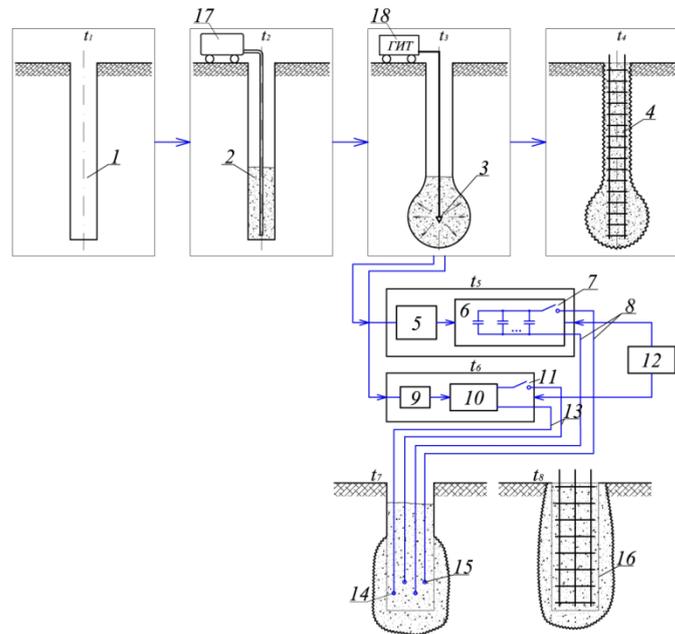


Рисунок 2. План-схема устройства буринъекционных свай-ЭРТ.

Таблица 1

Параметры объема и массы накопителя в зависимости от величины зарядного (рабочего) напряжения для импульсного конденсатора К41И 7.

Рабочее напряжение накопителя, кВ	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0
Количество конденсаторов К41И7 в накопителе, шт	4444	2500	1600	675	400
Объем накопителя при использовании конденсаторов	37,8	21,3	13,6	5,1	3,4

<i>K41И7 м3</i>					
<i>Вес накопителя при использовании конденсаторов K41И7, K103 кг</i>	66,7	37,5	24,0	9,4	6,0
<i>Объем накопителя при использовании конденсаторов K75-40S, м3</i>	6,2	3,5	2,2	0,9	0,6
<i>Вес накопителя при использовании конденсаторов K75-40S, кг×103</i>	10,4	5,9	3,8	1,5	1,0

В то же время высокое напряжение поджигающего импульса также безопасно, так как энергия его, равная 200-2000 Дж, мала, импульс кратковременный и, следовательно, мало и количество электричества [9-14].

Влияние выбранных параметров выполнения способа на такую характеристику сваи, как ее несущая способность F_d по грунту, приведено в табл. 2. Производились статические испытания сваи длиной 12 м, изготовленные из мелкозернистого бетона. Вмещающими грунтами в пределах длины свай служат четвертичные аллювиальные отложения, представленные песками мелкими и пылеватыми с прослоями суглинков и глин. Грунтами активной сжимаемой толщи под острием свай являются пески мелкие и средней крупности. При этом несущая способность полученных свай определялась по существующим методикам в соответствии с [2]. Из табл. 2 следует, что сваи, полученные заявленным способом, обладают высокой несущей способностью, вместе с тем условия техники безопасности существенно улучшены.

Таблица 2

Влияние выбранных параметров выполнения способа устройства буронаблюдательных свай-ЭРТ на несущую способность F_d по грунту.

№	Параметры способа	№ примера			
		1	2	3	4
	<i>Низкое напряжение накопителя электроимпульсной установки, В</i>	500	700	850	1000
	<i>Энергия накопителя электроимпульсной установки, кДж</i>	20	25	30	35
	<i>Высокое напряжение поджигающего импульса, кВ</i>	15	20	10	7
	<i>Энергия поджигающего устройства, Дж</i>	1100	2000	500	245
	<i>Длительность поджигающего импульса, с</i>	20. 10-6	14. 10-6	5. 10-6	20. 10-6
6	<i>Несущая способность сваи, кН</i>	820	860	900	920

Электроразрядная технология устройства буронаблюдательных свай-ЭРТ дает возможность при относительно небольших затратах получить положительные результаты, существенно улучшить условия техники безопасности при устройстве буронаблюдательных буронабивных свай, грунтовых анкеров, цементаций оснований и т.д.

Ниже приводится один из примеров использования ГИТ для расчета несущей способности буронаблюдательной сваи-ЭРТ по грунту.

Сваи с многоместными уширениями (СМУ) применяются давно. Опыт использования таких свай есть в Индии, ФРГ, Великобритании, Японии, СССР, России. Конструкция такой сваи представляет собой буровую сваю с уширением на пяте. Выше этого уширения в зависимости от типа геолого-технических условий и требуемой несущей способности сваи выполняются дополнительные уширения.

Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность [8]. Несущая способность свай-ЭРТ с одним уширением в 2,0 – 2,5 раза, а с двумя – в 3,0 – 3,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

Свай-ЭРТ с многоступенчатыми уширениями при нагружении работают следующим образом. На начальном этапе нагружения в работу вступает верхнее уширение. По мере увеличения внешней нагрузки постепенно включаются нижележащие уширения, при этом каждое уширение выполняет функцию дополнительной опоры. Несущие свойства грунтов при опирании на них значительно выше свойств этих же грунтов при трении о них боковой поверхности свай. Это подтверждается анализом формул расчета несущей способности указанных свай.

Расчет несущей способности свай без уширения производится по формуле 7.11 [7]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum_{i=1}^n (\gamma_{cf} f_i h_i)), \quad (1)$$

В формуле (1) первое слагаемое $\gamma_{cR} RA$ представляет собой несущую способность

буроинъекционной свай под ее нижним концом, а второе $u \sum_{i=1}^n (\gamma_{cf} f_i h_i)$ несущую способность по боковой поверхности.

Несущую способность свай с многоступенчатыми уширениями следует определять по формуле 2 [8]:

$$F_d = \gamma_c \left[\gamma_{cR} RA + (\gamma_{cR} \sum R_{i,бок} A_{i,бок} + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \right]. \quad (2)$$

Автор настоящей статьи (директор ООО НПФ «ФОРСТ») в течение длительного времени занимается проектированием и устройством свай ЭРТ. Им было показано, что свай ЭРТ с многоступенчатыми уширениями (СМУ) обладают повышенной несущей способностью по сравнению со сваями без уширений.

Опресовка стенок скважины по технологии ЭРТ производится с помощью камуфлетных уширений [8]. Это буроинъекционные свай, устраиваемые с использованием разрядно-импульсной технологии (свай-ЭРТ). У этих свай повышенные значения γ_{cR} и γ_{cf} , а именно $\gamma_{cR}=1,3$, а $\gamma_{cf} = 1,1 \div 1,3$ благодаря восстановительной способности структуры грунта стенок скважин, а в большинстве случаев - уплотнению его сверх природных величин.

Тем самым увеличение несущей способности под нижним концом свай-ЭРТ составляет в 1,3 раза, а по боковой поверхности – в $1,1/0,5 \div 1,3/0,5 = 2,2 \div 2,6$ раза.

При определении несущей способности F_d по формуле (7.11) [7] значения расчетных сопротивлений R и f определяются по таблицам 7.3 и 7.8. [7]. В табл. 7.3 [7] приведены значения f для различных значений IL , а в табл. 7.8 [7] – то же для R . Для наглядности величины $R/f = f(h)$ для различных значений IL приведены ниже в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость отношения расчетных сопротивлений R к расчетному сопротивлению f по боковой поверхности для различных значений показателей текучести IL .

1	IL=0,2			IL=0,3			IL=0,4			IL=0,5			IL=0,6		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$h, м$	$R, КПа$	$f, КПа$	R/f												
3	650	48	13,5	500	35	14,2	400	25	16,0	300	20	15,0	250	14	17,9
5	750	56	13,7	650	40	16,3	500	29	17,2	400	24	16,7	350	17	20,6
7	850	60	14,2	750	43	17,4	600	32	18,8	500	25	20,0	450	19	23,7
10	1050	65	16,2	950	46	20,7	800	34	23,5	700	27	25,9	600	19	31,6
12	1250	68	18,4	1100	48	22,9	950	36	26,4	800	28	28,6	700	19	36,5
15	1500	72	20,8	1300	51	25,5	1100	38	28,9	1000	28	35,7	800	20	40

18	1700	76	22,4	1500	53	28,3	1300	40	32,5	1150	29	39,7	950	20	47,5
20	1900	79	24,1	1650	56	29,5	1450	41	25,4	1250	30	41,7	1050	20	52,5
30	2600	81	32,0	2300	61	37,7	2000	44	44,0	-	-	-	-	-	-
≥40	3500	93	37,6	3000	66	45,4	2500	47	53,2	-	-	-	-	-	-

Примечание: h - глубина расположения рассматриваемого слоя; IL - показатель текучести; R - расчетное сопротивление грунта под уширением; f - расчетное сопротивление по боковой поверхности.

Выводы: Разработанный генератор импульсных токов (ГИТ) имеет широкое практическое значение. ГИТ, являясь накопителем высокой до 100 кДж электрической энергии посредством разрядного устройства разгружаясь в заполненную мелкозернистым бетоном скважину, за счет возникшего электрогидравлического удара (ЭГУ), создает предпосылки для создания свай-ЭРТ повышенной несущей способности. При этом многократное использование ЭГУ вдоль ствола сваи создает условия к существенному до 3,5 раз увеличению F_d .

1. Гайдук В.Н., Шмигель В.Н. Практикум по электротехнологии. М.: Агропромиздат, 1989. с. 136-137.
2. ГОСТ 5686-2012. Методы полевых испытаний сваями. М.: Стандартинформ, 2014. 25 с.
3. Куженин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980. с. 135 [с. 52-56].
4. Приказ Минэнерго РФ №6 от 13.01.2003. Правила техники безопасности и технической эксплуатации электрооборудования. Минюст РФ № 4145. - 15 с.
5. Пат. №2250957 РФ, МПК E02D 5/34. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ФОРСТ» № 2003121751/03; заяв. 14.07.2003. Бюл. №12, 7 с.
6. Разевича Д.В. Техника безопасности, 2-е изд.: М.: Энергия, 1976. 488 с.
7. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М.
8. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Об ошибочном способе устройства буроинъекционных свай с использованием электроразрядной технологии // Жилищное строительство. № 11. 2016. С. 20-29.
9. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов, конденсаторов. М. –Л.: Энергия, 1965. 488 с.
10. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоместными уширениями // Жилищное строительство. 2017. № 9. С. 25–29.
11. Соколов Н.С., Джантимиров Х.А., Кузьмин М.В., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Способ возведения набивной конструкции в грунте. Патент на изобретение RU2605213 C1, 20.12.2016. Заявка №2015126349/03 от 01.07.2015.
12. Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища В сборнике: Управління водними ресурсами в умовах змін клімату. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. 2017.С.71-72.
13. Соколов Н.С., Рябинов В.М., Таврии В.Ю., Абрамушкин В.А. Способ возведения набивной сваи. Патент на изобретение RU2318960 C2, 10.03.2008. Заявка № 2005140716/03 от 26.12.2005.
14. Соколов Н.С. Определение несущей способности буроинъекционных свай-РИТ со сформированными "подпятниками". В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции, материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. 2012. С 289-292.

Соколов Н.С.

Материал для изготовления буроинъекционных свай

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-745

Аннотация

Прочность бетона поперечного сечения буроинъекционных свай-ЭРТ является основополагающим показателем для определения ее несущей способности по грунту и по

телу. Электроразрядная технология позволяет увеличить прочность мелкозернистого бетона. При этом она может превысить прочность необработанного бетона электрогидравлическим способом на 40÷50 %. Важную роль в процессе набора прочности бетона играет соблюдение технологического регламента изготовления свай-ЭРТ. В геотехническом строительстве очень часты случаи не соответствия прочности бетона готовых свай проектным значениям.

Ниже в статье приводится случай из геотехнической практики.

Ключевые слова: прочность мелкозернистого бетона, буровые сваи, электроразрядная технология, сваи-ЭРТ, мелкозернистая бетонная смесь (БСМ), удобоукладываемость.

Abstract

A cross-sectional durability of concrete in bored injection piles DPT is a fundamental indicator for determining its soil dynamic capacity and body bearing capacity. The discharge-pulse technology can increase the strength of fine-grained concrete. At the same time, it can increase the strength of untreated concrete electrohydraulically by 40÷50%. The technological regulations compliance for the production of DPT piles plays an important role in the process of concrete strength development. In geotechnical construction, failure to meet design values of the concrete strength of precast piles is a very common issue.

The article below presents a geotechnical case study.

Keywords: strength of fine-grained concrete, bored piles, discharge-pulse technology, DPT piles, fine-grained concrete mix (FGCM), workability.

Возведение любого сооружения предполагает пооперационный технический контроль качества строительства, позволяющий обеспечить безопасную эксплуатацию возводимого объекта. Особое беспокойство вызывает качество изготовления буровых свай. Известно, что технология изготовления буровых свай представляет сложную технологическую цепь, состоящую из бурения, бетонирования и армирование ствола. Если рассмотреть буроинъекционную сваю, изготавливаемую по электрогидравлическому методу (сваи-ЭРТ), то к технологии ее изготовления добавляется еще электрогидравлическая обработка стенок скважины в теле свежееуложенного бетона. Для свай-ЭРТ технологическая цепь выглядит: «бурение скважины - бетонирование – электрогидравлическая обработка - армирование ствола».

В настоящей статье рассмотрено влияние качества выполнения бетонирования ствола на несущую способность свай.

Ниже приводится пример алгоритма подбора состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) для изготовления свай-ЭРТ.

Одной из стадий строительного проектирования конструкций железобетонного ствола буроинъекционной сваи-ЭРТ является подбор состава мелкозернистой бетонной смеси (БСМ) по ГОСТ 7423-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».

Алгоритм подбора состава БСМ представляется в следующей последовательности:

1. По величинам проектной несущей способности свай-ЭРТ F_d по грунту назначается класс (марка) бетона по прочности на сжатие. При этом согласно ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые» средняя прочность бетона закладывается при коэффициенте вариации $V=13,5\%$, обеспеченности не менее 95 % от назначенного значения. Например при проектной марке мелкозернистого бетона $M400$ величина кубиковой прочности должна составлять $R=38,5$ МПа ($392,5$ кг/см²).

2. По ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» подбирается марка по удобоукладываемости бетонной смеси Π и показатель подвижности (осадка конуса).

Для примера символ $\Pi 4$ означает осадку конуса 20 см.

3. Назначаются условия твердения. В основании ниже глубины промерзания условия твердения – естественные. При осуществлении геотехнических работ в условиях

отрицательных температур применяются или химическое твердение с применением формиата натрия или электрический метод прогрева с помощью греющих проводов. Следует отметить, что электропрогрев из опыта производства работ нежелателен. Возможно, возникновение усадочных трещин в теле бетона в результате быстрого набора прочности и как результат отрыв части свай-ЭРТ прогреваемой от части твердеющей естественным путем.

4. Подбираются компоненты к мелкозернистому бетону – цемент, мелкий заполнитель, добавки к бетону и вода.

4.1. Портландцемент, как правило, на объект поставляется из ближайшего цементного завода. В средневолжском регионе используется цемент производства ОАО «Мордовцемент». Согласно ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные» контролируемые параметрами являются: 1) прочность на сжатие в возрасте 28 суток $R=50$ МПа; 2) нормальная плотность цементного теста 27 %; 3) сроки схватывания: начало 2 часа 35 мин, конец 4 часа 25 мин; 4) истинная плотность $\rho=2,63$ г/см³.

4.2. В качестве мелкого заполнителя принимается природный речной песок по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия (с Поправкой)» с моделью крупности не более $M_k=2,0$. Определяется процентное содержание фракций крупнее $M_k \geq 2,0$ мм и плотность минеральных частиц ρ_s .

4.3. Для увеличения прочности бетона и увеличения подвижности используются добавки. Например, добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – модификатор бетона по ТУ 5870-176-46854090-04, изготавливаемый ООО «Предприятие Мастер Бетон» г. Москва одновременно является пластификатором и модификатором.

4.4. К воде также предъявляются особые требования согласно ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов».

5. В строительной лаборатории под назначенные прочность, подвижность, удобоукладываемость, условия твердения согласно ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава бетона» проектируются: 5.1. Водоцементное отношение, например В/Ц = 0,51, где В – масса воды; 5.2. Соотношение материалов по массе, например Ц:П=1:2,1, где Ц-масса цемента; П – масса песка;

5.3. Содержание добавок в % от массы цемента, например содержание ЭМБЭЛИТ 8-100 = 10;

5.4. Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси;

Для примера на одном из объектов использованы: цемент – 850 кг; песок – 810 кг; добавка ЭМБЭЛИТ 8-100 – 85 кг; вода – 465 кг.

Кроме характеристик номинального состава мелкозернистого бетона в алгоритме подбора состава приводится раздел фактически возможного расхода материалов на 1 м³ бетонной смеси.

6. Физико-механические свойства бетона, обязательные для подтверждения правильности подбора состава на объекте – это средняя плотность бетона в серии образцов размером 10×10×10 см, ρ [г/см³] и предел прочности на сжатие в возрасте 7 и 28 сут.

Далее рассмотрен случай из строительной практики. Проектом под десятиэтажное здание гостиницы было предусмотрено устройство буроинъекционных свай, изготавливаемых по электроразрядной технологии (ЭРТ). Эта технология включает бурение, бетонирование, электрогидравлическую обработку, армирование и доливку бетона. Вследствие того, что данные стадии работ выполняли четыре подрядные организации и отсутствовал должный поэтапный контроль набора прочности бетона, был нарушен технологический цикл и более чем 50% свай не была достигнута проектная несущая способность. Поэтому возникла необходимость перепроектирования свайного поля.

Строительство объекта велось в сложных инженерно-геологических условиях в старом русле реки Волга. Геологический разрез на этом участке представлен следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ) (сверху вниз) (рис. 1): ИГЭ-1 – насыпной

грунт (неслежавшийся суглинок с супесью и строительным мусором); ИГЭ-2 – непросадочный туго- и мягкопластичный лессовый суглинок; ИГЭ-3 – непросадочный текучепластичный лессовый суглинок; ИГЭ-4 – туго- и мягкопластичный суглинок; ИГЭ-5 – твердая и полутвердая пестроцветная глина; ИГЭ-6 – глинистый полимиктовый песок.

Для площадки строительства характерен высокий уровень грунтовых (ненапорных) вод.

Строительство объекта было начато за 5 лет до начала основного строительства с возведения ограждения котлована (глубиной 9,0 м) из двух рядов буроинъекционных свай диаметром 450 мм с шагом 1,0 м. Подпорная стена котлована была устроена вдоль улиц. Непосредственно к котловану примыкает 10-этажный крупнопанельный жилой дом, возведенный на забивных сваях.

Недостатком построенного ограждения оказалось отсутствие монолитного обвязочного железобетонного пояса по верху буроинъекционных свай. Это выявилось лишь при отрывке котлована. Ряд свай ограждения со стороны примыкающего здания наклонился в сторону котлована (максимальное горизонтальное перемещение достигло 55 мм). В результате создавшейся ситуации на наружных стенах жилого дома возникли деформационные трещины. При этом установленные гипсовые маяки разорвались и продолжали рваться.

Созданная в связи с этим чрезвычайная комиссия поручила головной проектной организации срочно разработать противоаварийные мероприятия для стабилизации деформаций как возведенной подпорной стены, так и примыкающего здания. В качестве таких мер была разработана схема усиления подпорной стены в виде распорных конструкций из труб диаметром 1 000 мм, расположенных на двух уровнях во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 2). Эти мероприятия позволили стабилизировать ситуацию. Гипсовые маяки на жилом доме перестали рваться, горизонтальные перемещения подпорной стены были приостановлены. При этом геотехнический мониторинг продолжался.

При проектной глубине котлована 9,0 м распорные крепления были размещены на глубине 4,5–6,5 м. Поэтому во избежание негативных последствий для примыкающего жилого дома при дальнейшей откопке котлована был разработан проект устройства монолитных железобетонных контрфорсов на дополнительных буроинъекционных сваях ЭРТ диаметром 0,35 м и длиной от 12 до 19 м в зависимости от инженерно-геологических условий в той или иной части строительной площадки. Работы по устройству свай ЭРТ приходилось вести в очень сложных условиях между трубами, а удаление грунта из котлована производилось только вручную.

Для обеспечения безопасной эксплуатации подпорной стены при строительстве нулевого цикла, а также для создания условий для демонтажа стальных труб распорных конструкций был разработан алгоритм устройства контрфорсов.

Выполнение работ по реализации вышеуказанного алгоритма позволило поэтапно демонтировать распорные трубы. Дальнейших деформаций подпорной стены и жилого дома не было обнаружено.

Устройство буроинъекционных свай-ЭРТ [1–14] под фундаменты контрфорсов, контрфорсы, а также сами ростверки производились одной подрядной организацией. При этом мониторинг горизонтальных перемещений подпорной стены и деформаций осадочных марок жилого дома проводился ежедневно, благодаря чему на данном участке не было нарушений в технологической цепочке «бурение – бетонирование – электрогидравлическая обработка стенок и пяты скважины – монтаж армокаркасов».

Обязательными этапами, подтвердившими соответствие проекту запроектированных свай ЭРТ под фундаменты контрфорсов, были:

- 1) испытания на прочность заранее изготовленных кубиков мелкозернистого бетона, предназначенного для изготовления свай, согласно алгоритму приведенному выше;
- 2) испытания статической нагрузкой опытных свай ЭРТ.

На испытательном полигоне (в пределах участка изготовления контрфорсов) были выполнены два свайных куста по электроразрядной технологии. В одном из них сваи были изготовлены без уширений, а в другом – с многоместными уширениями (вертикальную привязку свай см. на рис. 1). Результаты испытаний несущей способности свай-ЭРТ с помощью статической нагрузки приведены на рис. 3.

По мере удаления распорных конструкций освободилась значительная часть площади котлована для устройства свайного поля.

В связи с сокращением инвестором сроков возведения здания заказчик решил увеличить скорость возведения нулевой части, разделив устройство буройнъекционных свай ЭРТ на этапы. При этом одна строительная организация подрядилась выполнить буровые работы, другая – бетонирование мелкозернистым бетоном, третья – электрогидравлическую обработку стенок и пяты скважины, четвертая – изготовление и погружение армокаркасов в готовые скважины, заполненные мелкозернистым бетоном и обработанные по электроразрядной технологии.

Соответственно, качество выполнения работ на разных этапах контролировалось разными подрядными организациями и как результат резко повысилась вероятность его снижения. Результаты испытаний свай на статическую нагрузку подтвердили эти опасения (табл. 1). Для более чем 50% испытанных свай не была достигнута проектная несущая способность. Основной причиной этого оказалась низкая прочность мелкозернистого бетона вследствие отсутствия должного надзора за ее набором. Следует отметить, что одна из подрядных организаций, ответственная за бетонирование свай, использовала бетонно-смесительную установку РМ-750, которая при больших оборотах насыщает бетон воздухом, что и привело к недобору проектных значений прочности. В то же время подбор состава БСМ был произведен правильно.

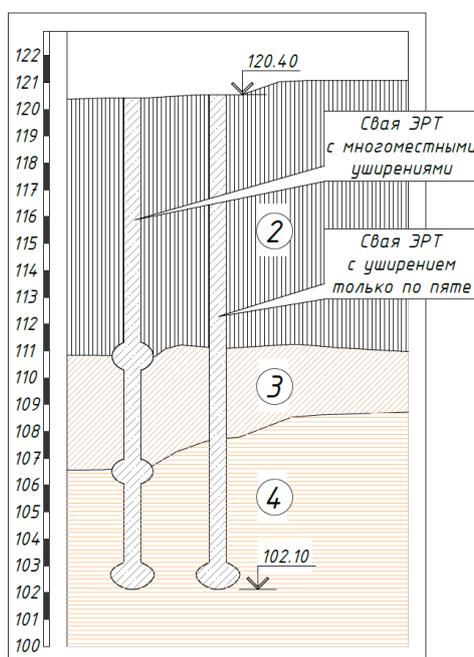


Рисунок 1. Инженерно-геологический разрез испытательного полигона и свай, выполненных по электроразрядной технологии, с многоместными уширениями (слева) и только с уширенной пятой (справа). Вертикальная слева ось - высотные отметки, м.



Рисунок 2. Фрагменты выполненных контрфорсов

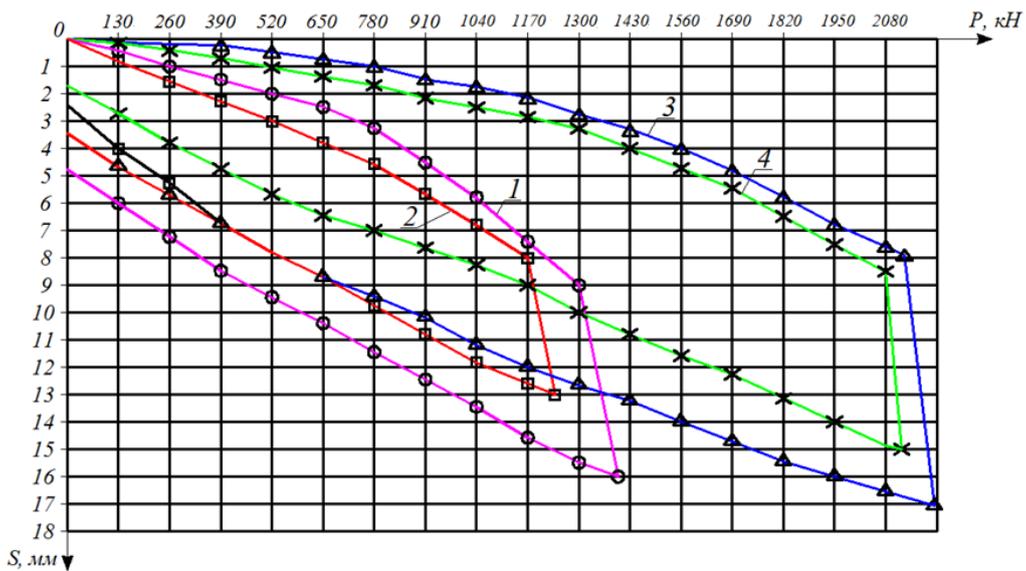


Рисунок 3.. Графики результатов испытаний статической нагрузкой буроналивных свай ЭРТ: 1, 2 - только с уширенной пятой; 3, 4 - с многоместными уширениями. Буквенные обозначения: P – нагрузка на сваю; S – вертикальное перемещение сваи.

Таблица 1

Результаты испытаний свай ЭРТ на статическую нагрузку.

№ сваи	Несущая способность F_d , кН	Расчетная нагрузка, N , кН	Прочность бетона тела сваи, кПа	Причина недостаточной несущей способности сваи
789	62,8	52,3	60	низкая прочность бетона
710	75,9	63,3	65	
579	95,0	79,1	78	
822	251,2	209,1	1 200	срыв сваи
728	565,2	471,0	2 500	
767	376,8	314,0	2 600	
803	251,2	209,3	1 300	

Для обеспечения проектной несущей способности ростверков с бракованными сваями принято решено дополнить их сваями с множественными уширениями. Было перепроектировано все свайное поле (и все ростверки) с учетом результатов испытаний опытных свай на их несущую способность. Благодаря этому удалось обеспечить проектную несущую способность всего фундамента здания в целом.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что из-за выполнения разных этапов работ по устройству свай-ЭРТ четырьмя подрядными организациями не был обеспечен необходимый поэтапный контроль их качества и для исправления негативных последствий были потрачены дополнительные материальные средства. Для обеспечения надежной эксплуатации возводимых сооружений заказчики и подрядные организации на должны допускать возникновения подобных ситуаций.

1. Патент РФ № 2250958. Устройство для изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов, В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Заявл. 14.07.2003. Оpubл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
2. Патент РФ № 2250957. Способ изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов. В.Ю. Таврин, В.А. Абрамушкин. Заявл. 14.07.2003. Оpubл. 27.04.2005. Бюл. № 12.
3. Патент РФ № 2282936. Генератор импульсных токов / Н.С. Соколов. Ю.П. Пичугин. Заявл. 4.02.2005. Оpubл. 27.08.2006. Бюл. № 24.
4. Патент РФ №2318960. Способ возведения набивной сваи / Н.С. Соколов. Заявл. 26.12.2005 г. Оpubл. 10.03.2008. Бюл. №7.
5. Патент РФ №2318961. Разрядное устройство для изготовления набивной сваи / Н.С. Соколов. Заявл. 10.07.2007 г. Оpubл. 10.03.2008. Бюл. №7.
6. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буронабивных свай-ЭРТ // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2015. № 1. С. 10-13.
7. Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буронабивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 407-411.
8. Соколов Н.С, Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 411-415.
9. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буронабивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2014). 2014 г. Чебоксары. С. 415-420.
10. Соколов Н.С, Соколов С.Н., Соколов А.Н. Опыт восстановления аварийного здания Введенского кафедрального собора в г. Чебоксары // Геотехника. 2016. № 1. С. 60-65.
11. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буронабивных свай с множественными уширениями с использованием электроразрядной технологии // Геотехника. 2016. № 2. С. 28-32.
12. Патент РФ на полезную модель № 161650. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте. Н.С. Соколов, Х.А. Джантимиров, М.В. Кузьмин, С.Н. Соколов, А.Н. Соколов // Заявл. 16.03.2015. Оpubл. 27.04.2016. БЮЛ. №2.
13. Соколов Н.С, Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буронабивных свай с множественными уширениями // Геотехника. 2016. № 3. С. 4-8.
14. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Технология устройства буронабивных свай повышенной несущей способности // Жилищное строительство. 2016. №9 С. 11-15.

Соколов Н.С.

Опыт использования свай ЭРТ

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
ООО НПФ «ФОРСТ»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-746

Аннотация

Проблема повышения несущей способности оснований всегда является актуальной задачей в современном геотехническом строительстве. Она приобретает особую важность при

строительстве на склонах, изрезанных оврагами. Как правило строительство на поверхностях склонов вследствие разгрузок фильтрационных потоков в виде родников всегда является проблематичным мероприятием. Гидрогеологические процессы зачастую приводят пересеченные поверхности предназначенные для возведения объектов в неустойчивые состояния приводя их к оползневоопасным. Тем самым безопасное возведение зданий и сооружений на таких территориях всегда сопровождается с одновременным возведением удерживающих заглубленных строительных конструкций. Наиболее конкурентными удерживающими конструкциями являются монолитные железобетонные уголкового подпорные стены возводимые на буровых сваях и закрепляемые грунтовыми анкерами. В статье приведены примеры использования буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ.

Ключевые слова: удерживающие заглубленные конструкции, геотехническое строительство, электроразрядная технология ЭРТ, буроинъекционная свая ЭРТ, монолитный железобетонный ростверк.

Abstract

The issue of foundations with increased bearing capacity is a current task for modern geotechnical construction. It becomes particularly important when building on slopes cut by gullies. As a rule, construction on slope surfaces due to discharge of filtration flows in the form of springs is always a challenging procedure. Hydrogeological processes often result in unsteady states of the crossed surfaces intended for construction of facilities, leading to landslides hazards. Thus, the safe construction of buildings and structures in such areas is always accompanied by the simultaneous erection of buried building structures for support. The most competitive supporting structures are monolithic reinforced concrete cantilever retaining walls erected on bored piles and secured with ground anchorage. The article provides examples of the use of DPT bored injection piles (discharge-pulse technology, discharge-pulse geotechnical technology, electric discharge geotechnical technology) and DPT ground anchorage.

Keywords: buried structures for support, geotechnical construction, discharge-pulse technology (DPT), DPT bored injection pile, monolithic reinforced concrete foundation frame.

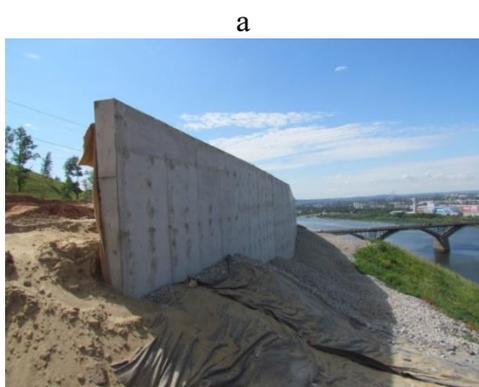
Современное капитальное строительство в основной своей массе приурочено к территориям сильно пересеченным оврагами, склонами [1-3]. Как правило, такие строительные площадки характеризуются и относятся к неустойчивым в связи с тем, что на их наклонных поверхностях происходит разгрузка фильтрационных потоков. При нарушении статического равновесия фильтрационные процессы на склонах в большинстве геотехнических случаях приводят [4-7] к затоплению строительных котлованов, водонасыщению инженерно-геологических элементов слагающих инженерно-геологические разрезы оснований застраиваемых объектов. В случае квалифицированного подхода к инженерной подготовке площадки строительства в таких условиях возможно избежание негативных факторов. Так, например, в современной геотехнической практике широко внедрены буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) в качестве заглубленных конструкций [8]. Их использование в комплексе с грунтовыми анкерами позволяет обеспечивать устойчивость склонов [9], включая в их совместную статическую работу уголкового монолитные железобетонные подпорные стены [8, 9]. В рассматриваемой статье приводится ряд успешно выполненных геотехнических объектов на склонах в различных регионах Среднего Поволжья, осуществленных при непосредственном участии автора статьи.

Объект №1. Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на сваях буроинъекционных ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в г. Н. Новгород. Подпорная возведена в связи с расширением в сторону склона правостороннего берега реки Ока двухстороннего автомобильного движения в одностороннюю автомобильную дорогу. В связи с размещением одной полосы прямо на склоне возникла необходимость устройства четырех уголкового монолитных железобетонных подпорных стен

(см. рис. 1а) на буроинъекционных сваях ЭРТ (рис. 1б). Архитектурную изящность подпорных стен можно наблюдать с Комсомольской площади. Все четыре подпорные стены по их верхам выливаются в одну наклонную прямую линию. Надежная эксплуатация подпорных стен указывает на правильность выбора технического решения.

Объект №2. Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) объединенное монолитным железобетонным ростверком как заглубленное удерживающее сооружение вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород (см. рис. 2а и 2б). Необходимость возведения такой строительной конструкции вызвано в связи со строительством пятиэтажной гостиницы "Москва". Следует отметить, изначально был проект свайного поля из буронабивных свай диаметром $d=630,0$ мм. В связи с невозможности стесненностью строительной площадки решено было перейти на буроинъекционные сваи ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ). Гостиница сдана уже более пяти лет назад и к надежной эксплуатации подпорной стены ни у кого вопросов нет.

Объект №3. Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных уголкового подпорных стен в г. Чебоксары (см. рис. 3). Необходимость проектирования и устройства монолитных железобетонных уголкового подпорных стен совместно с буроинъекционными сваями ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовыми анкерами ЭРТ возникла в связи с горизонтальными перемещениями прислоненного склона и деформациями возведенных на нем объектов. Изначально был осуществлен проект удерживающих конструкций их буронабивных свай диаметром $d=630,0$ мм в один ряд с устройством монолитного железобетонного обвязочного пояса. При анализе причин деформаций выяснилось несколько огрехов. Во первых, в качестве заглубленных конструкций использована однорядная схема устройства свай, что не допустимо с точки зрения соблюдения жесткости конструкции. Во-вторых, она устроена только по основанию склона. Нужно было устроить удерживающие строительные конструкции еще по верху склона. Таким образом, использование на объекте буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) и грунтовых анкеров ЭРТ в комплексе с монолитными железобетонными уголкового подпорными стенами позволило обеспечение безаварийной эксплуатации прислоненного склона.



Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на Окском съезде в г. Н. Новгород



Ленточное свайное поле из буроинъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) под монолитную уголкового подпорную стену на Окском съезде в г. Н. Новгород

Рисунок 1. Монолитная железобетонная уголкового подпорная стена как заглубленная удерживающая конструкция на буроинъекционных сваях ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) на склоне Окского съезда в г. Н. Новгород

а

б



Склон вдоль улицы Пожарской в г. Н. Новгород



Ленточное свайное поле из буринъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород

Рисунок 2. Ленточное свайное поле из буринъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ) вдоль улицы Пожарской в г. Нижний Новгород



Рисунок 3. Заглубленные удерживающие железобетонные конструкции с использованием буринъекционных свай ЭРТ (РИТ, ФОРСТ, ЭРСТ), грунтовых анкеров ЭРТ и монолитных железобетонных уголковых подпорных стен в г. Чебоксары.

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17–20.
2. Hassiotis, S, Chamcau, J.L., Gunaratne, M. 1997. Design method for stabilisation of slopes with piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 123 (4). 314-323.
3. Lee, J.H., Salgado, R. 1999. Determination of pile base resistance in sands. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 125 (8). 673-683
4. Mandolini, A., Russo, G., Veggiani, C. 2005. Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. Ground Engineering 38 (9): 34-38.
5. Nikiforova, N. S. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development / N. S. Nikiforova, D. A. Vnukov // The pros. of the 7th Int. Symp. "Geotechnical aspects of underground construction in soft ground", 16-18 May, 2011, tc28 IS Roma, AGI, 2011, № 157NIK.

6. Petrukhin, V. P. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction / V. P. Petrukhin, O. A. Shuljatjev, O. A. Mozgacheva // Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. - Prague, 2003.
7. Triantafyllidis, Th. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. / Th. Triantafyllidis, R. Schafer // Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 22-27 September 2007. Vol. - P. 683-688.
8. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буронагнеточных свай с многосекционными уширениями //Жилищное строительство. 2016. 10. С. 54.
9. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н. Несоответствия в надежной эксплуатации объекта культурного наследия – Чувашского драматического театра им К.В. Иванова //Жилищное строительство. №4.2023. Стр. 70-75.
10. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. T. 771. С. 56-69.
11. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буронагнеточных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
12. Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буронагнеточных свай с многосекционными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
13. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. T. 15. Special Issue 1. С.1-11.

Сулейманов Д.М., Гузуева Э.Р.

Взаимозаменяемость SEO и контекстной рекламы

*ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова»
(Россия, Грозный)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-747

Аннотация

Научная статья представляет из себя обзор на характер взаимодействия таких крупнейших каналов трафика и этапов выстраивания маркетинга проекта, как SEO-оптимизация и контекстная реклама.

Ключевые слова: интернет-реклама, канал трафика клиентов, SEO, контекстная реклама, позиционирование, трафик-менеджмент.

Abstract

The scientific article is an overview of the nature of the interaction between the largest traffic channels and stages of building a marketing project, such as SEO optimization and contextual advertising.

Keywords: internet-advertising, customer traffic channel, SEO, contextual advertising, positioning, traffic management.

Любой онлайн-ресурс в виде веб-приложения или сайта продвигается по индексации в браузерах по ключевым запросам. Повышения индексации можно добиться развитием части SEO сайта, а именно оптимизацией текста, тегов, повышения посещаемости сайта путем линкбилдинга, что генерирует внешние визиты, развитие UI-kit'a и ссылок внутри сайта для внутренних переходов по страницам основного домена. Это тот эффект, когда при запросе в браузере сайт с хорошим SEO будет в списках первых, что повышает лидогенерацию на продукт или услугу в разы и позволяет обходить конкурентов. Подобного результата можно добиться с контекстной рекламой, алгоритмы в которой настроены таким образом, что среди конкурентов проводятся аукционы, где сайт (рекламируемая площадка) победителя с лучшим качеством объявления, высоким планируемым процентом конверсий (CR) и предлагающий большую ставку за конверсию будет размещен на первой странице поиска на лидирующих позициях. Из данного примера можно сделать вывод, что некоторые функции SEO-оптимизации и контекстная реклама в Поиске имеют схожий конечный результат. Несомненно, повышение индексации является не единственным предназначением SEO-оптимизации, хоть и самой важной. В контекстной рекламе данную функцию предлагает лишь рекламные

объявления в Поиске, в то время как объявления размещаются и в рекламной сети Яндекса (под контекстной рекламой подразумевается Яндекс Директ, так как Google Ads недоступен в Российской Федерации в 2023 году).

Для начала нужно разобраться для чего лучше подходит реклама в Поиске и рекламной сети Яндекса (далее - РСЯ). Реклама в РСЯ чаще всего используется для широкого охвата, так как именно с ней бывает больше показов рекламного объявления. Показы не всегда целевые, особенно в первое время настройки РК (рекламная кампания), до тех пор, пока алгоритмы Яндекса не обучатся автотаргетингу и поиску аудитории look-a-like. Лучше всего подходит для продвижения продающего сайта с товаром или услугой для широкой аудитории, не имеющей узкого профиля. Напротив, реклама в Поиске подходит лучше для специфичного товара или услуги, как правило, процент кликов (CTR) и конверсий (CR) в Поиске выше, потому что пользователь, задающий запрос в браузер из указанных в настройке РК, как правило, уже настроен на приобретение искомого товара. Контекстная реклама подходит для продающих сайтов, либо посадочных страниц оффлайн-бизнесов, масштабировавшихся до онлайн-торговли. Эффективно вести рекламные кампании в контекстной рекламе дороже, чем развивать SEO сайта, но плюс в том, что сайт для РК в контекстной рекламе может быть разработан намного проще, учитывая растущую популярность инструментов-конструкторов сайтов (Tilda, OneBusiness, Тинькофф Бизнес). У продающего сайта или интернет магазина только одно применение - дать возможность клиенту приобрести товар или услугу. В силу этого они, как правило, разработаны с минимальным числом страниц и функций. Не стоит забывать, что SEO также применимо для таких сайтов - оптимизация дизайна, линкбилдинг, оптимизация сетки товаров, в конструкторах часто бывает размещен блок для SEO.

Сайты, написанные на html больше нуждаются в оптимизации. Наряду с широким функционалом таких сайтов, появляется и больше проблем и ошибок, которые нужно решить, и не всегда такие сайты направлены на продажи. Такие сайты объемные и вместе с тем есть больше возможностей для повышения индексации текстом, например, всем известный портал "Ответы mail.ru". SEO лучше всего применимо для информационных сайтов, статейников, онлайн-издательств и т.п.

Заменяют ли SEO и контекстная реклама друг - друга? Нет. Если на сайте есть продукт, который нужно продвигать и искать клиентов, нужно развивать не один канал трафика клиентов, на тот случай, если один из них выйдет из строя, либо остановится. SEO-оптимизация является неотъемлемой частью бренд-формирования и позиционирования компании на рынке. Имеет смысл развивать и РК контекстной рекламы, и SEO, распределяя при этом бюджет в пользу контекстной рекламы в соотношении, зависящем от нескольких факторов. Для необъемных посадочных страниц, например, это соотношение 90:10 в пользу контекстной рекламы. Для сайтов с несколькими УТП (торговыми предложениями) 80:20, так как разрабатывается несколько рекламных объявлений (групп объявлений) для каждого торгового предложения со специально разработанным баннером. Для больших интернет-магазинов - 70:30 или 60:40, так как появляется необходимость в росте узнаваемости сайта. В товарных сетках появляются тысячи товаров, а ведение рекламы без узких ключевых фраз и узких рекламных баннеров невозможно, как и невозможно разрабатывать по одному объявлению для каждого типа товара. SEO решает эту проблему тем, что для каждого поискового запроса, соответствующего названию товара на сайте, поисковая индексация будет выдавать данный сайт в самом верху первой страницы. Распределение рекламного бюджета растет в зависимости от роста компании и ее превосходства над конкурентами. Так, например, интернет-магазин AliExpress не использует ни один канал трафика в силу того, что они переросли этот этап развития компании и всё, что им осталось развивать - бренд, эмоциональный маркетинг, международный маркетинг и качество площадки, которую они предлагают своим пользователям. Авито, самая крупная в мире площадка купли/продажи товаров, также не пользуется привлечением пользователей, потому что все о нем знают, а лишь проводит мероприятия по расширению влияния и выходу на зарубежные рынки, занимаются имиджем и поддерживают его, разрабатывают акции для пользователей и стремятся, чтобы они получили наилучший опыт взаимодействия. Для каждого этапа развития компании и роста ее продаж есть наилучший для нее инструмент привлечения потенциальных клиентов. Термин

“позиционирование” появился в маркетинге относительно недавно. Porsche позиционирует себя как “самые быстрые маленькие автомобили”, Volvo - “самые безопасные”, это необходимо для того, чтобы бренд был узнаваемым, и для того, чтобы занять своё место на рынке. Позиционирование отличает средний бренд от хорошего. Схематически распределение бюджета выглядит следующим образом:

Таблица 1

Распределение бюджета по каналам трафика.

Масштаб производства/продаж (в месяц)	Каналы трафика				
>100 продаж, Маленький сайт	Контекстная реклама 100%	или Таргетированная реклама 100%	или 50 на 50		
<100 продаж Несколько УТП, Средний сайт	Контекстная реклама 90%	или Таргетированная реклама 90%	или 45 на 45%	10% SEO	
<500-2000 (в зависимости от средней цены товара), Конкурентоспособный сайт	Контекстная реклама 80%	или Таргетированная реклама 80%	или 40 на 40%	20% SEO	
Большая товарная сетка/один из лучших на рынке, есть позиционирование	Контекстная реклама 70-50%	или Таргетированная реклама 70-50%	Распределение в пользу Контекстной рекламы	30% SEO	10-20% Инфлюенс реклама и бренд-формирование
Топ-1 по индексации по множеству запросов в браузерах, лучший среди конкурентов.	Контекстная реклама 30-10%	или Таргетированная 30-10%	распределение в пользу Контекстной рекламы	50-40% SEO	30/40 Инфлюенс реклама и бренд-формирование

Таблица выше может быть подспорьем для начинающих специалистов, предпринимателей и администраторов сайтов в их работе. Результат научного анализа, приведенный в статье, дает понимание того, с чего нужно начинать и какие инструменты использовать наиболее эффективно для привлечения клиентов, включая метод улучшения поисковой индексации ресурса.

1. «Маркетинг от А до Я» Филипа Котлера.
2. Журнал «Marketing Science» - для академических исследований в области маркетинга.
3. «Journal of Advertising Research» - Журнал по исследованиям в области рекламы.

Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A.

Protection of residential buildings from wind and dust

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty,
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-749

Scientific supervisor: Merenkova N.V.

Abstract

The article presents various methods and approaches that are relevant for protecting buildings from the adverse effects of wind and dust. Methods such as the use of green spaces in the area adjacent to the building, green roofs, and installation of wind barriers are considered.

Keywords: wind, dust, residential buildings, green spaces, green roofs, wind barriers, noise barriers.

Аннотация

В статье приводятся различные методы и подходы, которые актуальны для защиты зданий от неблагоприятного воздействия ветра и пыли. Рассматриваются такие методы, как использование зеленых насаждений на территории прилегающей к зданию, озеленение крыш, установка ветрозащитных барьеров.

Ключевые слова: ветер, пыль, жилая застройка, зеленые насаждения, озеленение крыш, ветрозащитные экраны, шумозащитные экраны.

To improve people's comfort it is necessary to control friendly environmental conditions within an urban space. The most popular technologies to provide eco friendliness are green technologies that can be natural, such as vegetation barriers, or industrial, such as perforated fences and buildings' facades.

Green technologies (GT) are often used as barriers for wind, sand and snow in many European countries. They can also be used as safety protection screens and acoustic barriers for residents. This aspect of the study provides insights into the societal and psychological factors that can influence the adoption and acceptance of protective green barriers in urban settings. Simultaneously, the evaluation of green protection its energy performance is often conducted through a combination of modeling approaches and on-site measurements. So, there is a gap between the need of using protective screens and their possibilities for improving ecological situation in the Rostov region.

This comprises a problem of the paper to analyze the existing GT and show their positive and negative aspects. The most popular GT are green areas.

They are known as effective methods of protecting residential buildings. Trees and shrubs create a barrier to the wind, and also, although to a small extent, delay the spread of dust, protecting buildings from these influences. When choosing vegetation, you need to take into account the plant's ability to grow, germination rate, resistance to weather conditions, ability to hold dust and other factors, and also focus on species that do not cause an allergic reaction in people. [1]

The choice of plants for green spaces should be based on their ability to retain dust, resistance to wind and other adverse weather conditions. For example, trees with a dense canopy, such as oaks and maples, may be more effective as windbreaks than trees with a sparse canopy, such as birch or poplar.

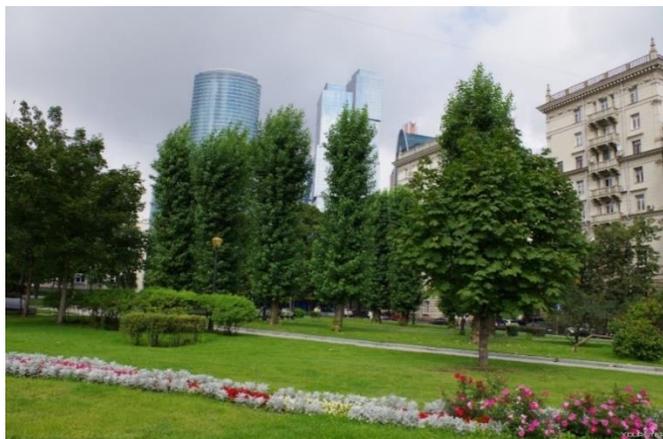


Figure 1. Green areas.

Vertical greening technology

Vertical greening technology has emerged as a popular method of cultivating plants in a vertical orientation. This technology primarily encompasses climbing style, container style, hydroponic

style, moss style, and module style systems. Green plants are nurtured in a growing medium, such as packaged soil, fiber mats, or other substrates, and furnished with an integrated irrigation system for hydration. The climbing-type vertical greening approach is comparatively straightforward, as it does not necessitate supporting structures and offers lower management and maintenance costs, as well as broader coverage areas. [2] Typical climbing-type vertical greening plants include climbing species such as wall creeper and ivy. In contrast, living walls consist of plants cultivated in containers, which can be engineered into modular systems independent of ground soil. [3]

Green spaces can be presented in the form of trees, shrubs, lawns and other types of vegetation. Trees can be planted along roads, on areas adjacent to buildings, in parks and squares. Shrubs can also be used to create a barrier, especially in areas where trees cannot grow or be planted. Lawns and other types of vegetation can also be useful in creating green spaces and improving air quality. In addition to the ability to deter the spread of negative impacts, this method gives a pleasant appearance, which affects the atmosphere of the area in which the landscaping is well thought out.

Green roofs

A green roof is a building rooftop partially or entirely covered with vegetation and additional layers of supplementary materials. Green roofs typically comprise vegetation, fabric filters, drainage elements, root barriers, insulation, and waterproofing layers [4].

Green roofs are classified into intensive and extensive categories. Extensive roofs, in contrast to intensive roofs, feature a shallow base, necessitate no additional structural reinforcement, demand minimal maintenance, and are less costly [5]. Green roofs yield environmental, social, and economic benefits such as reducing storm water runoff, providing thermal insulation, delivering psychological advantages, enhancing air quality, prolonging roof lifespan, augmenting urban food productivity, and preserving urban biodiversity [6].

Consequently, green roofs are gaining popularity due to their favorable impact on energy efficiency and ecological conservation. In examining the potential of green roofs, a multifaceted methodological approach is usually adopted. The evaluation process involves determining the public perception and understanding of green roof implementation, typically conducted through survey questionnaires. This aspect of the study provides insights into the societal and psychological factors that can influence the adoption and acceptance of green roofs in urban settings. [7]

Of course, this method is ineffective as protective elements from dust and wind, but in general this solution allows, at least not much, to improve microclimate, especially if this solution is widely used not only locally in individual buildings, but for example in entire areas.



Figure 2. Green roofs.

Plants on the roof can range from ordinary trees and shrubs to special types of plants that are adapted to life on roofs. The choice of plants depends on many factors such as roof type, climatic conditions, availability of water and light, etc.

The benefits of green roofs include:

- Improving the microclimate in the area;
- Reduced wind speed and dust levels;
- Improved air quality;
- Creation of additional green areas.

However, green roofs also have some disadvantages, such as increased construction costs by adapting the roof to plantings and the need for additional plant care.

However, with the development of technology and methods for maintaining green roofs, this method is becoming increasingly popular and effective.

Windbreaks

Windbreaks are practice involving linear plantings of trees and shrubs that are strategically integrated into an urban landscape to simultaneously provide economic, environmental and social benefits that can occur when trees are deliberately managed in an ecosystem. Depending on their location and functional purpose, windbreaks can have specific design arrangements may also be called hedgerows, or vegetation environmental buffers. Windbreaks are one way to protect residential buildings from wind. They are installed along the boundaries of residential complexes and serve as a barrier to the wind, reducing its speed and noise level. [8]

Windbreaks can come in a variety of types and designs, including vertical, inclined, curved and other shapes. They can be made of different materials, such as glass, metal, plastic.

One of the benefits of using windbreaks is that they can reduce heating and air conditioning costs in homes by reducing the amount of heat and cold that penetrates the walls of buildings.



Figure3. Windbreaks.

However, windbreaks also have disadvantages. They can lead to increased noise levels and windbreaks can be expensive to install and require special permission from local authorities.

In the rapidly evolving domain of technologies, there is a discernible uptick in academic interest concerning the integration of using greenery in urban construction. This review has undertaken a comprehensive exploration of the manifold applications of this integration, illuminating its substantial implications for architectural sustainability, the effects and possibilities of green roofs, green facades, and systems, the paper critically assessed their compositional elements.

In conclusion, protecting residential buildings from wind and dust is an important task for architects, engineers and builders. There are many methods and solutions to solve this problem, such as green spaces, green roofs, wind and noise barriers, and recreational areas. Each of these methods has its own advantages and disadvantages, and the choice of the most suitable one depends on the specific conditions and requirements.

It is important to remember that protecting residential buildings from wind and dust not only improves the quality of life of residents, but also helps reduce energy costs, improve air quality and create a more comfortable and healthy living environment. Therefore, when designing and constructing new residential complexes, it is necessary to pay special attention to protection from wind and dust and choose the most effective methods to achieve this goal.

2. Trubitsyna N.A., Lemonade M.Yu. On landscape architectural language // Architect: news of universities. 2014. No. 48. P. 4.
4. Dolzhenkova E.I., Kalashnikov D.V. Modeling of windproof structures // Bulletin of landscape architecture. 2015. No. 5. pp. 32-36.
5. Kolbin D.S., Olenkov V.D. Study of the wind regime for the purpose of aeration and wind protection of urban areas // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture. 2011. No. 1. pp. 36-39.
6. Dunichkin I.V., Poddaeva O.I., Churin P.S. Assessment of bioclimatic comfort of urban development. M.: Publishing house MGSU, 2016. pp. 48-50
7. N.D. VanWoert, D.B. Rowe, J.A. Andresen, C.L. Rugh, R.T. Fernandez, L. Xiao Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth Journal of Environmental Quality, 34 (3) (2005), pp. 1036-1044
8. 7.K.J.H. Williams, et al. Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers Urban Forestry & Urban Greening, 44 (2019), Article 126399
9. DeWalle, D.R., Heisler, G.M., 1988. Use of windbreaks for home energy conservation. Agric. Ecosyst. Environ. 22/23, 243–260. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90024-2).

Щеголькова Д.Г., Курбатов В.А.

Роль технических средств в обеспечении пожарной безопасности

*Московский технический университет связи и информатики
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-748

Аннотация

В статье рассмотрены исторические сведения о формировании и возникновении средств пожарной безопасности, приведены этапы эффективного пожаротушения, также произведен обзор и сравнение некоторых видов технических средств (пожарных извещателей), используемых для обеспечения пожарной безопасности, существующих в наше время.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, пожарные извещатели (ПИ), технические средства пожарной безопасности, эффективность, пожаротушение, обеспечение пожарной безопасности, сигнализация.

Abstract

The article discusses historical information about the formation and emergence of fire safety equipment, describes the stages of effective fire extinguishing, and also reviews and compares some types of technical means (fire detectors) used to ensure fire safety, existing in our time.

Keywords: life safety, fire detectors, technical means of fire safety, efficiency, fire extinguishing, fire safety, alarm.

Введение

Тема обеспечения пожарной безопасности является актуальной еще с древних времен. Тогда людям особенно важно было защитить себя от огня, так как все дома были преимущественно деревянными.

В современном мире развивающихся технологий тема пожарной безопасности не теряет своей актуальности. По данным МЧС в 2019 году 8567 человек погибли в ходе возникновения пожара, а еще 9477 человек получили травмы, поэтому проведение исследования в теме пожарной безопасности, освещение основных проблем и правил поведения, разработка новых технологий до сих пор являются очень важными.

Поскольку технологический прогресс не стоит на месте, одним из определяющих факторов для обеспечения безопасности являются технические средства. Развитие информационных технологий позволяет создавать, совершенствовать и использовать различные инновационные системы и устройства для повышения уровня безопасности во всех сферах жизни человека.

Грамотно спроектированные технические средства помогают предотвращать опасные аварийные ситуации, выявлять проблемы и сбои до того, как их влияние на человека может стать критическим, а также защищают от преступных действий, например, поджогов, которые также могут негативно повлиять на безопасность жизнедеятельности. Именно поэтому проблема эффективности технологических средств обеспечения пожарной безопасности особенно актуальна в наше время.

Целью данного исследования является анализ и изучение роли и эффективности некоторых технических средств, а именно пожарных извещателей, в обеспечении пожарной безопасности, а также сравнение и выявление основных достоинств и недостатков тех или иных средств.

История средств пожарной безопасности России

Первые действия по обеспечении населения безопасностью во время возникновения пожаров и пожаротушения, закреплённые на государственном уровне, начали предприниматься на Руси XV веке. Тогда был издан акт, в котором был перечислен свод правил безопасного пользования огнем на производстве и в повседневной жизни.

В конце XV века, а именно в 1493 г., в Москве были вырыты специальные противопожарные рвы и создана особая противопожарная зона от стен Кремля, для чего разбирались все строения, которые легко могли загореться и стать опасными для столицы, а в начале 1500-х была организована пожарно-сторожевая служба, целью которой стала охрана стен города от пожаров и преступников. Боролись с пожарами тогда при помощи подручных средств: воды, мокрых шкур, а иногда даже разбирали соседние к источнику огня здания, чтобы пожар не захватил весь квартал, а то и город.

XVII век для России стал важным временем для становления современного пожаротушения. Тогда впервые была организована первая специально обученная команда по предотвращению возгораний. В то время начало появляться профессиональное оборудование (ручные насосы, форма, лестницы), пожары перестали тушить исключительно подручными средствами. Так в России начали зарождаться и укрепляться основы противопожарного дела.

Конечно все предпринятые действия имели свой результат, но были не идеальными – от пожаров по-прежнему умирало множество людей, рушились здания, а порой даже страдали целые города. Но по мере развития технологий и введения инноваций статистика начала становиться все более оптимистичной.

Принципы и средства обеспечения пожарной безопасности

С давних времен в пожарной безопасности формировались основные принципы, которые позволяли делать как обнаружение, так и тушение пожаров более эффективным. Таким образом, можно выделить несколько основных этапов и действий для нейтрализации пожаров:

1. Профилактика (оповещение населения об опасных действиях, которые могут повлечь за собой пожар, правилах поведения при возгорании)
2. Обнаружение возгорания
3. Оповещение пожарных частей
4. Эвакуация людей
5. Ликвидация возгорания

Рассмотрим подробнее, какие технические средства используются для обнаружения возгораний.

Появление первых средств обнаружения возгораний

Пожар может быть обнаружен разными средствами: человеком (визуально по виду огня или дыма, по специфическому запаху дыма или горючих веществ, по шумам или по увеличению температуры, с помощью особых технических средств наблюдения – биноклей, тепловизоров, систем видеонаблюдения), установками автоматического пожаротушения, автономными пожарными роботами.

Изначально средством обнаружения пожаров выступал человек – в городах для этого нанимали специальных людей, дежурных, которые в случае опасности оповещали население

(в более ранние времена при помощи звона церковных колоколов или деревянной колотушки с бубенчиками, а чуть позже – с помощью телеграфов, которые устанавливались в местах больших скоплений людей).

Нетрудно догадаться, что такие методы были не очень надежными и значительно уступали автоматизированным средствам, которые изобрели немного позже. Первые автономные пожарные оповещатели были придуманы в Англии в середине XVII века. Состояло это незамысловатое устройство из гири, подвешенной на натянутую по периметру комнаты веревку. При возникновении возгорания нить сгорала, а гиря падала на специально установленную под ней петарду, которая в свою очередь своими громкими звуками и сообщала людям об опасности. Немного позже петарда была заменена на сеть контактов, при замыкании которых сигнал активировал специальные колокола пожарной сигнализации.

В истории было еще много различных изобретений пожарных извещателей. Какие-то из них были хорошими и положили начало более надежным технологиям, какие-то наоборот работали не очень хорошо. В итоге множества опытов и тестов ученые и изобретатели пришли к тем технологиям, которые используются в настоящее время и все еще продолжают развиваться и совершенствоваться.

Особенности эксплуатации ПИ

- На эффективное обнаружения источников возгорания автономными извещателями влияют следующие факторы:
- грамотное расположение пожарных извещателей в местах возможного возгорания (поможет выявить источник возгорания более точно и способствовать быстрой ликвидации возгорания)
- использование сразу нескольких средств обнаружения возгорания (повышает надежность и безопасность)
- разделение объекта на зоны и контроль каждой зоны отдельно (пожарные датчики должны присутствовать в каждой зоне)
- обеспечение надежности противопожарных средств с учетом возможных рисков (пожарные датчики должны бесперебойно выполнять свои функции, их ремонт и техническое обслуживание должно проводиться вовремя)

При обнаружении возгорания автономной системой информационные характеристики, говорящие о сбое, преобразуются в электронные сигналы и рассылаются по линиям связи в системы обработки информации и системы автоматического пожаротушения (АУПТ). Также сигнал о срабатывании противопожарного средства передается на пост пожарной охраны. Таким образом, от обнаружения возгорания система оперативно переходит к оповещению пожарных частей и людей.

В наше время существует множество видов охранно-пожарных сигнализаций (ОПС), каждая из которых способна решать различный объем задач. В зависимости от этого в состав ОПС может входить противопожарное оборудование следующих категорий:

- оборудование централизованного управления ОПС (например, центральный компьютер с установленным на нем ПО для управления сигнализацией);
- оборудование сбора и обработки информации с датчиков пожарной сигнализации;
- сенсорные устройства – датчики пожарной сигнализации и оповещатели охранно-пожарной сигнализации.

Виды пожарных извещателей (ПИ)

В настоящее время существует несколько видов пожарных извещателей (ПИ):

- тепловые – реагируют на скорость изменения температуры
- дымовые – реагируют на появление частиц дыма. Они также делятся на радиоизотопные, производство которых в России полностью прекращено, и инфракрасные/лазерные

- пожарные – регистрируют электромагнитное излучение, генерируемое как открытым пламенем, так и тлеющим очагом
- газовые – реагируют на особые изменения в газовом составе атмосферы.

Так как пожарный извещатель является первым звеном в цепочке обеспечения пожарной безопасности, от надежности, грамотности его выбора и установки во многом зависит эффективность всей системы пожаротушения, сохранность жизни и здоровья людей и имущества.

Методики проведения натуральных испытаний пожарных извещателей, а также критерии определения пригодности ПИ к обнаружению различных видов пожара изложены в ГОСТе Р 50898-96. Для определения надежности используются 6 различных типов тестовых очагов пожара (ТП). Для каждого типа тесового очага заданы максимальные величины оптической плотности среды m , концентрации продуктов горения Y и температуры T , соответствующие времени окончания испытаний, так же указаны предельно допустимые времена срабатывания ПИ, соответствующие минимальной скорости развития пожара:

ТП-1 (горение древесины) — $Y = 6$, время срабатывания не более 370 с;

ТП-2 (тление древесины) — $m = 2$, время срабатывания не более 840 с;

ТП-3 (тление со свечением хлопка) — $m = 2$, время срабатывания не более 640 с;

ТП-4 (горение полимерных материалов) — $Y = 6$, время срабатывания не более 180 с;

ТП-5 (горение легковоспламеняющейся жидкости с выделением дыма) — $Y = 6$, время срабатывания не более 240 с;

ТП-6 (горение легковоспламеняющейся жидкости без выделения дыма) — $T = 600C$, время срабатывания не более 510 с.

В таблице 1 приведены результаты прохождения теста различными видами пожарных извещателей и сравнительный анализ существующих видов ПИ.

Таблица 1

Ранжирование ПИ по результатам испытаний ГОСТ Р 50898-96.

Вид ПИ	Характеристика и сопутствующие факторы					
	ТП-1 Открытое горение древесины	ТП-2 Пиролиз древесины	ТП-3 Тление хлопка	ТП-4 Открытое горение пластмассы	ТП-5 Горение гептана	ТП-6 Горение спирта
Тепловой	Хорошо обнаруживае m	Не обнаруживае m	Не обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Отлично обнаруживае m
Дымовой оптический	Не обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Не обнаруживае m
Дымовой ионизационный	Отлично обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Не обнаруживае m
Комбинированн ый тепловой и дымовой оптический	Хорошо обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Хорошо обнаруживае m	Отлично обнаруживае m
Комбинированн ый тепловой, дымовой оптический и дымовой ионизационный	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m	Отлично обнаруживае m

Таким образом, по результатам в таблице можно увидеть, что лучше всех справился с испытаниями последний тип пожарного извещателя, сочетающий в себе комбинацию из трех типов ПИ: теплового, дымового оптического и дымового ионизационного. Такие средства редко используются на практике ввиду их большой стоимости.

Лучше всего на практике себя показывают комбинированные извещатели, содержащие в себе два различных типа определения очага возгорания. Поскольку никогда не известно, что загорится первым и какой первый сигнал о пожаре станет самым ранним, производство и применение таких датчиков очень распространено, они показывают действительно хорошие результаты по сравнению с извещателями, реагирующими только на один из факторов.

Немаловажным фактором для обеспечения пожарной безопасности является не только вид ПИ, но и выбор его расположения. Для наиболее эффективного использования вся площадь предприятия/здания, должна разделяться на небольшие зоны, на каждой из которых устанавливается свой извещатель (в разных зонах можно комбинировать извещатели разного типа). На практике это помогает наиболее точно определить местоположение очага возгорания и, как следствие, ускорить время его нейтрализации и уменьшить потери.

Помимо обычного деления помещения на зоны необходимо учитывать и специфические особенности некоторых таких областей. Дело в том, что существуют особые зоны, в которые периодически или постоянно попадают опасные горючие или легко воспламеняемые вещества. Такие зоны принято называть взрывоопасными. В этих областях необходимо устанавливать специальные приборы пожаробнаружения, одобренные для применения на участках повышенного риска. Данные устройства подразделяются на две категории: взрывоустойчивые – те, что с помощью особой конструкции могут сдерживать внутри своего корпуса взрыв, возникающий в результате воспламенения попавших туда частиц взрывчатых веществ, и взрывобезопасные – те, которые проектируют таким образом, что их энергии недостаточно для возгорания или взрыва любого, попадающего внутрь опасного вещества.

Устройства, пригодные для использования во взрывоопасных условиях, имеют специальные ранги, определяющие тип зоны повышенного риска, в которой они могут быть установлены. Перед эксплуатацией данных приборов необходимо провести тщательный осмотр зоны. При монтаже оборудования особое внимание необходимо уделять надежности и защищенности от возгорания электропроводки, арматуры и других составных частей, необходимых для подключения. Планирование и проведение монтажа должны осуществлять только высококвалифицированные работники. Все это во много раз повышает эффективность выбранного способа защиты от пожарной опасности.

Вывод

Человечество сделало огромный прорыв в сфере пожарной безопасности с изобретением автономных средств обнаружения пожаров и источников возгорания. В наше время государства тратят много средств на обеспечение пожарной безопасности жизнедеятельности населения. Несмотря на это пожары остаются серьезной проблемой, с которой можно и нужно бороться. Несомненно, данная область будет развиваться и дальше, вводя все новые технологии, проводя большое количество тестов и упрощая надежные технологические средства для снижения их стоимости.

1. Курбатов В.А., Рысин Ю.С., Яблочников С.Л. Учебное пособие. Безопасность жизнедеятельности. Основы чрезвычайных ситуаций. Саратов: Профобразование, 2020. — 121 с. — Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/93574>.
2. Курбатов В.А., Яблочников С.Л. Пожары – экологическая проблема современности. «Тенденция развития науки и образования» №89, часть 2, 2022, с. 72-83.
3. Пашинцев В. История систем пожаротушения и сигнализации: от деревянных колотушек до современных автоматических устройств // Системы безопасности. - 2020. - №4. - С. 10-12.
4. Новейшие мировые технологии обнаружения пожара на промышленных объектах // Системы безопасности URL: <https://www.secuteck.ru/> (дата обращения: 27.09.2023).
5. Себенцов Д.А. Дымовой? Тепловой? Комбинированный? Проблема выбора типа пожарного извещателя для Вашего объекта // Алгоритм безопасности. - 2005. - №5. - С. 32-43.

Ryazhskikh A.I., Dmitrienko N.A.
Glass tile application in the Rostov region

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty,
(Russia, Shakhty)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-750

Scientific supervisor: Pashkova O.V.

Abstract

The article considers glass shingles as a modern material in construction, offers a new look in comparison with traditional roofing material. The authors describe in details the advantages of glass tiles, their production and basic properties. Its environmental friendliness, durability, high strength and resistance to various weather influences are noted.

Keywords: roofing material, glass, glass tiles, eco-friendly material.

Аннотация

Статья рассматривает стеклянную черепицу как современный материал в строительстве, предлагает новый взгляд в сравнении с традиционным кровельным материалом. Автором подробно описываются преимущества стеклянной черепицы, ее производство и основные свойства. Отмечается ее экологичность, долговечность, высокая прочность и устойчивость к различным погодным воздействиям.

Ключевые слова: кровельный материал, стекло, стеклянная черепица, экологичный материал.

Due to progressive urbanization worldwide, the construction industry is facing challenges in producing materials with sustainable life cycles and quality performance. For instance, new materials had gained huge scientific attention recently; these materials are designed to reflect solar radiation and absorb less heat than conventional materials which influences the heat radiation into the atmosphere and reduce the temperature in buildings. In modern construction, technologies and materials are actively used that allow you to create unique objects and ensure aesthetics and a high level of comfort. One of the relatively modern and new materials is glass tiles, which is a new look at the traditional tiles that are seen on the roofs of private houses.

At the same time, scientists have been providing evidence that climate change is raising the average temperature of the planet's biosphere due to greenhouse gases that are emitted as a result of the use of fossil fuels. This has focused attention on coatings called "cool roofs" that increase the reflectivity of the decks, thereby reducing their surface temperature and the surface temperature of the waterproofing materials beneath them. There is already an abundant supply of various finishing materials made of ground natural minerals like glass tiles. This study assesses the use of glass products that are now available in abundance. They could replace expensive building materials and contribute to a new range of finishes in future architecture.

Glass tiles are environmentally friendly and durable material, which has a number of advantages over other types of tiles. It is made of tempered glass, which provides high resistance to negative mechanical and atmospheric effects. Due to its transparency, glass tiles allow sunlight to pass through, which allows them to create translucent roofs.

It is worth noting that the use of glass tiles is not limited only to roofing coatings. It can also be used to create vertical surfaces and transparent enclosures. Glass tiles allow you to create unusual architectural solutions such as transparent roofs, walls and fences that give buildings a unique look.



Figure 1. View of a house with glass roof tiles.

The advantages of glass roof tiles include:

- Eco-friendliness: glass tiles are made from natural and eco-friendly materials, making them safe for the environment and human health;
- Durability: due to the high resistance to mechanical stress, which is achieved during its manufacture, glass tiles can last for many decades without the need for replacement
- Corrosion resistance and resistance to ultraviolet radiation: glass is one of the materials that practically does not decompose and is not susceptible to corrosion and exposure to sunlight; according to some data, it is assumed that glass takes about a thousand years to decompose;
- - Durability: tempered glass material is able to withstand significant loads without deforming or breaking. The glass tile material provides strength and resistance to damage, e.g. from a significant layer of snow;
- Light transmission: transparent glass tiles provide the maximum amount of natural light, which allows you to save on electricity.

However, the use of glass tiles requires careful design and consideration of all possible loads on the structure. Therefore, when choosing this material, you should contact professionals who will be able to take into account all the features required for glass tiles. It is suitable for use in both private and commercial construction, and can be an excellent choice for those who want to make their home unique and modern.

The installation process of glass roof tiles.

Glass tiles are very easy to install and can be installed with your own hands even with minimal construction skills. By following the steps below, you can avoid installation errors. Installation should be carried out as follows:

- The roof surface is covered with dense black nylon, due to the high light transmission of the glass tiles, the sun rays will pass through it to the covering underneath. The black color has the property of storing and accumulating thermal energy and will therefore retain heat for a longer period of time;
- Next, the glass tiles are laid using the same technology as clay tiles. The dimensions of glass tiles are identical to those of clay tiles, so it is easy to calculate the required amount of material.



Figure 2. Combination of glass and conventional roof tiles.

Currently, glass tiles are most popular in European countries. Homeowners from Spain, Italy, Sweden, Canada and the USA actively use it as a roof for their homes. Thanks to modern technologies, this material is becoming more and more available all over the world. Glass tiles are a worthy alternative to other types of roofing materials and provide a cost-effective solution for homeowners. The application of glass tiles makes any building spectacular and attractive.

Unfortunately, at present there is no widespread use of these tiles in the Rostov region, this is due to the lack of production and delivery to the region, which in turn requires purchasing these tiles in other regions of the country, thus it is necessary to overpay for individual delivery. These facts increase the price for glass tiles in comparison with other types of tiles. It is also worth noting that the cost of this tile, due to its features, differs significantly from traditional tiles made of other materials. The existence of cheaper options at the market does not make it profitable to produce glass tiles on a large scale; therefore, small private organizations are usually engaged in producing this type of roofing material.

In conclusion, we can say that glass tiles are the material of the future, which already finds its application in modern construction. Due to its unique properties and capabilities, this material opens up new horizons for architects and allows them to create unique and functional buildings.

1. Glass roofs. Part 1: special types of glass. URL: krovlirossia.ru/rubriki/materialy-i-texnologii/steklyannye-krovlichast-1-specialnye-vidy-stekla.
2. Abrahamyan S.G., Farniev D.K. Characteristic features of transparent roofing materials // Internet journal "Science" Volume 8, No2 (2016)
3. Martens, K., Caspee, R., Belis, J.: Development of reinforced and posttensioned glass beams: review of experimental research. (2015). Journal of structural engineering. pp. 1-23.

Rychkova A.D.

The current state and prospects of using composite materials in different sectors of industry

*Amur State University
(Russia, Blagoveshchensk)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-751

Abstract

This research covers the most recent innovations and trends in sustainable composite materials, with an emphasis on design, manufacturing, and performance. The paper highlights the importance of renewable resources in accomplishing environmental sustainability goals and addressing high-performance material demand. It also points out the use of new techniques in material selection, manufacturing procedures, and performance optimization to meet sustainability issues. Finally, it discusses the prospective applications and benefits of sustainable composite materials in many industries.

Keywords: industry sectors, material science, innovations, biocomposites, technology.

Аннотация

В статье рассматриваются тенденции в области развития экологически чистых композитных материалов с учётом их методов производства и эксплуатационных характеристик. Подчеркивается важность возобновляемых ресурсов для достижения целей рационального природопользования и удовлетворения спроса на высокоэффективные материалы. Также в статье были проанализированы перспективы и преимущества применения экологически чистых композитных материалов (биокомпозитов) в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: отрасли промышленности, материаловедение, инновации, биокомпозиты, технологии.

There has been an increase in demand over the past decade for materials that not only perform well but also support to environmental sustainability. Because of its unique combination of qualities, such as high strength-to-weight ratio, ability to resist corrosion, and design flexibility, composite materials have received a lot of attention. Traditional production procedures and material choices linked with composites, on the other hand, have prompted questions about their environmental effect and long-term sustainability. Scientists and engineers have been exploring new approaches for the development of sustainable composite materials.

Composite materials are very resistant to external influences, therefore they are suitable for use where resistance to high temperatures, corrosion or heavy loads is required. Composite materials are excellent electrical insulation materials when using both alternating and direct current. The use of certain fillers makes it possible to obtain composite materials resistant to various aggressive environments, including the effects of concentrated acids and alkalis.

However, many composites have a big issue, which is related to the fact that most of the existing materials are not environmentally friendly. They cannot be recycled or melted down like regular metal, plastic, or wood. To recycle the whole composite material or an old part of it in a sustainable approach, the matrix must be separated from the reinforcement, which is an extremely difficult process. Materials consisting of organic resins and fibers called biocomposites are produced for this purpose. In some situations, they can be totally reused and are relatively inexpensive. The primary function of flax in biocomposites is to provide strength. Additionally, hemp, cotton, reclaimed wood, and waste paper can be used [1].

Researchers have been working on developing biodegradable materials these days, those materials that can degrade naturally in the environment. This is a result of the growing strict laws governing the release of greenhouse gases, mostly carbon dioxide, which are intended to mitigate the effects of human activity-related climate change. Biodegradable binders for biocomposites and other environmentally friendly materials can be divided into three large groups [2]: polymer based on lactic acid called polylactic acid (PLA) is created when sugary compounds are fermented in lactic acid; polyhydroxyalkanoates (PHA) are byproducts of microbial digestion of vegetable sugar; they are found in starch-based polymers; starch-based materials. There are also products based on natural polymers like lignin, cellulose, and caprolactone as well as synthetic polymers like polyvinyl alcohol, polyvinyl acetate, and polyglycolic acid.

Nowadays, biocomposites demonstrate improved heat resistance, increased durability, tensile and tensile strength, as well as a reduced tendency to water absorption. Biocomposites come in a variety of forms, including those made of wood, plastic, cement, glass, etc. Numerous manufacturing processes, such as extrusion, injection molding, thermoforming, and others are utilized for making biocomposites. At the moment, research is concentrated on the invention and application of such biodegradable composites useful for resolving engineering issues.

In the industry, modern composite materials are becoming more significant. They are employed in many different industries, including construction, automobile manufacturing, and aviation. The majority of contemporary environmentally friendly composite materials that are available and being developed, including biocomposites, are intended to address technical issues. The percentage of composites used in each industry is represented graphically below.

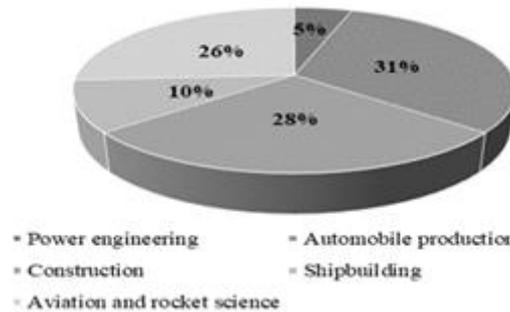


Figure 1. Use of composite materials. Compiled by author based on [3], [4].

The figure leads to the conclusion that biocomposites are being utilized more frequently in the field of aerospace as well as in sectors like automobile manufacturing, aviation, and construction. In addition, biocomposites are growing more frequent in the medical and military segment.

Bamboo composites and incredibly lightweight web-based materials are increasingly being used in rocket science, aviation, automobile manufacturing and shipbuilding. Also, biocomposites, which are biopolymers (polylactide, polyhydroxyalkanoates and biodegradable polyamides) reinforced with natural fibers, are used in the automotive industry to create exterior body panels, hood parts and various structural elements. Students from the Technical University of Eindhoven in the Netherlands were successful in creating a complete biodegradable electric vehicle prototype in 2018. Biocomposites based on flax and sugar were used to create the car's body panels, chassis, and interior details [1].

The combination of natural fibers, such as hemp and flax, and bio-base resins makes it possible to obtain biocomposites with good strength characteristics, high impact resistance and sound absorption. Such materials are widely used in the energy industry, for example, when creating wind turbine blades. To lessen negative environmental impact, experts in the field of construction manufacturing have recently tried to move to wood composite materials. The production of building materials using sawmill by-products, which are actively used in various construction works, has now increased greatly in order to reduce manufacturing costs and meet environmental requirements, because the usage of wood as a building material in some cases is expensive [5].

In the last decade, new composite photocatalytic materials have been created, the main field of application of which is medicine. Antimicrobial coatings based on photocatalytic materials are environmentally friendly and effective for use in healthcare, in addition, they can be used in the food industry and in enterprises and service facilities [6]. At the moment, starch-based biocomposites are gradually being used for medical purposes. Due to its biodegradability, biocompatibility, non-toxicity and good mechanical properties, such a material can be used in bone tissues, where the biocomposite provides support for the structural framework.

The use of biocomposite materials offers promising perspectives in various industries, driven by the increasing demand for sustainable and environmentally friendly solutions. The objective of ongoing research and development is to discover new bio-based polymer, natural fiber, and additive combinations that will improve the characteristics and functionality of biocomposite materials. To increase the efficiency and scalability of the manufacture of biocomposite materials, innovations in manufacturing processes including 3D printing and advanced modelling techniques are also being analysed.

The compositions of biodegradable composites that include polyolefins and organic fillers have been covered in a number of recent reports and patents. Based on the information available, it can be concluded that the mass production of polymers filled with lignocellulose biodegradable materials of natural origin, such as wood flour, straw, and cereal husk, will soon take place. This will increase productivity, lower the cost of polymer compositions, and greatly reduce the environmental impact of polymer use, which is crucial for packaging and disposable dinnerware [7].

Another pure natural biomaterial that can potentially receive huge development is bacterial cellulose, which generates some aerobic bacteria [8]. Bacterial cellulose has perfect mechanical

strength, a nanofibrillar microporous structure, and biocompatibility. There is currently an enormous amount of interest in the implementation of functional composites made of bacterial cellulose and metallic nanoparticles, more particularly gold, in a variety of scientific and technological fields, such as biomedicine as antimicrobial and antitumor agents, the chemical industry as reusable catalysts, biotechnology for enzyme immobilization, and bioelectronic systems.

Biocomposite and ecologically friendly materials' mechanical, thermal, and chemical qualities will be enhanced by progress in material science, and processing methods, putting them on level with or even surpassing existing composite materials in terms of the characteristics. The implementation of biocomposite and ecologically friendly materials is aided by rising green laws and sustainability programs. Governments and regulatory agencies are expected to offer incentives and support to businesses moving to more beneficial ecological procedures. These materials respond to the urgent demand for environmental preservation across many sectors by providing a sustainable alternative to traditional materials. By utilizing these materials, industries can lower their impact on the environment while preserving performance and contributing to the development of a more sustainable and greener environment.

- [1] Layer cake: how do biocomposites make production more environmentally friendly? / [Electronic resource] // Homo Science: [website]. – URL: <https://homo-science.ru/post/sloenyj-pirog-kak-biokompozity-delayut-proizvodstvo-ekologichnee>.
- [2] Sevastyanov, DV Polymer biocomposites based on biodegradable binders reinforced by natural fibers (review) // Aviation materials and technologies. 2017.S. 42-50. <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2017-0-4-42-50>.
- [3] Diveev, I Polymer composite materials market by 2023: outlook and analysis / [Electronic resource] // [website]. – URL: <https://www.more-angel.ru/rynok-polimernyh-kompozitnyh-materialov-k-2023-godu-prognoz-i-analiz/>.
- [4] Gavrilenko, VA Composites of the 21st century: possibilities and reality // Business Magazine Neftegaz.RU. 2019.S. 30-33.
- [5] Afanasyev, AS Modern building materials based on softwood logging waste // Problems of Economics and Construction Management in Conditions of Environmentally Oriented Development: Materials of the Fifth International Scientific and Practical Online Conference. 2018.S. 45-48.
- [6] Tuchina, ES New Gypsum-Titanium Composites for Antimicrobial Photocatalytic Action on *Staphylococcus aureus* // *Izvestiâ Saratovskogo Universiteta. Novaâ Seriâ*. 2020.S. 324-331. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-3-324-331>.
- [7] Poddenezhny, EN Biodegradable composites based on polyamides filled with flax bark // Herald of the Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi. 2020.S. 52-58.
- [8] Rubina, MS The interaction effect of bacterial cellulose with gold nanoparticles obtained by metal-vapor synthesis // Reports of the Academy of Sciences, 488(4). 2019.S. 391-396. <https://doi.org/10.31857/s0869-56524884391-396>.

Shcherbakov V.S., Kulichkov S.V., Minakova P.S.

Additive technologies application for repairing and restoring elements of submarine pipelines

Far Eastern Federal University (FEFU)

(Russia, Vladivostok)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-752

Abstract

The introduction of additive technologies in the oil and gas industry has just begun and is at the initial stage of the possible introduction and expansion of additive manufacturing in the oil and gas industry. The article provides a brief introduction to additive manufacturing in the repair of an underwater pipeline in an oil and gas area, and summarizes the state of development and scope of additive manufacturing technologies on the example of foreign companies. This article provides an overview of robotic use for underwater pipeline repair.

Keywords: 3D printing, underwater pipeline, robotic technologies.

Аннотация

Внедрение аддитивных технологий в нефтегазовую промышленность только началось и находится на начальной стадии возможному внедрению и влиянию аддитивного производства в нефтегазовой промышленности. В статье представлено краткое введение в аддитивное

производство при ремонте подводного трубопровода в нефтегазовом секторе, а также обобщены состояние развития и область применения технологии аддитивного производства на примере зарубежных компаний. В данной статье представлен обзор роботизированного использования для ремонта подводных трубопроводов.

Ключевые слова: 3D – печать, подводный трубопровод, роботизированные технологии.

Nowadays, most pipeline systems consist mainly of steel pipes due to their high strength, relative ease of connection and low cost. However, steel pipes installed underwater can be subject to unfavorable wear and tear in the form of corrosion, cracking, deterioration, warping, leaks and ruptures. The most vulnerable areas of steel pipes are corrosion and metal loss. Steel pipes transporting oil and gas are highly susceptible to damage caused by corrosion. The severity is high when salt water and sulfur penetration environment is present [1]. Figure 1 shows the destruction of the protective coating and the formation of iron hydroxide due to corrosion.



Figure 1. Corrosion of steel in a salt environment. [2]

Repair of subsea pipelines is an unavoidable and rather intensive activity. Until now, subsea pipeline repairs have mainly been carried out by clamping individual defects or cutting out and then welding in new sections when there are several defects or a more extensive problem. Existing solutions for subsea repair and pipe life extension are often time consuming, costly and in many cases require shutdowns.

Already now additive technologies are introduced in oil and gas experimental prototyping, parts and prototypes of drilling rigs, prototypes of tooling for use in experimental conditions are created, 3D - printers are used for designing new parts, making casting molds. The use of additive technologies allows solving such problems as high production costs, long preparation and implementation of complex oil and gas projects.

With the help of additive technologies, it is possible to repair and restore pipelines underwater. Foreign countries are beginning to introduce this type of technology for the development of underwater 3D printing, due to the fact that this type of technology can save the oil industry significant sums when implemented and used. The Norwegian company Kongsberg Ferrotech has come up with a solution for subsea pipeline repair. The company, in collaboration with Equinor, Gassco and SINTEF, has developed a self-propelled robotic system for thorough inspection and in-situ composite repair, and 3D printing repair to remove defects, restore integrity and prevent loss of integrity. Like composite repair, the process will be performed inside the platform using additive manufacturing techniques to repair damaged metal structures in situ [3]. Figure 2 shows this view of the robot and supporting equipment.



Figure 2. Robot and auxiliary equipment.

The world's first underwater pipeline repair robot developed by Kongsberg Ferrotech is shown in Figure 3.



Figure 3. Robot for underwater repair. [3]

In the current subsea pipeline works, there is a possibility of errors that can lead to accidents or cracks and damage to the pipeline, resulting in chemical leaks that contaminate the water area and nearby communities, which can become an environmental problem. This development can confirm anomaly detection by performing a scan, and immediately repair the damaged spot; removing existing corrosion coating, performing defect calibration, surface preparation, sealing and structural reinforcement using hydrocarbon fiber, all robotically in one go. The process is digitally controlled and fully documented. This technology can reduce the operational costs of pipeline spot repairs by innovatively performing subsea pipeline maintenance tasks many times faster than repairs performed by conventional divers, without compromising safety and quality. Significant advantages of these technologies are reflected in the table 1 [4].

Table 1

Advantages of using additive technologies in submarine pipeline repairs.

<i>Logistical advantages</i>	<i>Use cases</i>	<i>Technical advantages</i>	<i>Economic advantages</i>
<i>1. Easy to handle</i>	<i>1. For leaking pipes</i>	<i>1. Possibility of permanent repair</i>	<i>1. Significant cost savings</i>
<i>2. Developed for minimum occupancy</i>			<i>2. Stable and accurate repair quality</i>
<i>3. Minimum requirements for use</i>	<i>2. Removal of internal and external corrosion</i>	<i>3. No additional weight is added to the pipeline after repair</i>	<i>3. Year-round service</i>
<i>4. Minimum earthworks based on defect detection</i>			<i>4. Reduction of labor intensity</i>
<i>5. Online repair</i>			<i>5. Reduction of development time</i>

Traditional steel repairs are heavy, labor intensive and involve tedious welding, which limits their use in pipelines located underwater. As an alternative, opportunities must be found to utilize additive technologies. Advances in these technologies hold great promise for expanding the pipeline industry's ability to repair and rehabilitate pipeline systems using high-strength, fast, cost-effective and easy-to-use 3D technologies.

1. Frankel GS. Pitting corrosion of metals, a review of the critical factors. J Electrochem Soc 1998; 145:2186–98.
 2. Kopeliovich D. Pitting corrosion; 2009 [Electronic resource]. Access mode: URL: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=pitting_corrosion
 3. SubseaTech: Talking 3D Printing to the Seabed [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.oedigital.com/news/489647-subsea-tech-taking-3d-printing-to-the-seabed>
 4. Shell Joins 3D Printing Project for Repair of Undersea Pipelines [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://maritime-executive.com/article/shell-joins-3d-printing-project-for-repair-of-undersea-pipelines>
-

РАЗДЕЛ XXII. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Анос М.С., Павлов А.Д., Платонов Д.Е., Кротиков Д.А., Башков А.А.

Исследование процесса шлифования и полирования с использованием виброгалтовки

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

(Россия, Нижний Новгород)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-753

Аннотация

Производились экспериментальные исследования по влиянию выбора наполнителя, компаунда для виброгалтовки изделий из различных материалов на оборудовании предприятия, изготавливающего медицинский инструмент. Сделаны замеры параметров шероховатости и геометрических размеров заготовок до и после, сделаны выводы о влиянии наполнителя, компаунда для каждого образца, подвергающегося виброгалтовке.

Ключевые слова: виброгалтовка, наполнитель, компаунд, медицинский инструмент, шлифование, полировка.

Abstract

Experimental studies were carried out on the influence of the choice of filler, a compound for vibrating products made of various materials on the equipment of an enterprise manufacturing a medical instrument. Measurements of the roughness parameters and geometric dimensions of the workpieces before and after are made, conclusions are drawn about the influence of the filler, the compound for each sample subjected to vibration treatment.

Keywords: vibratory powder, filler, compound, medical instrument, grinding, polishing.

Введение

В данной работе исследуется процесс шлифования и полирования с использованием виброгалтовки при изготовлении медицинского инструмента. Целью экспериментального исследования был поиск наилучших: наполнителя, компаунда СОЖ и их комбинаций. Заготовки были предназначены для детали «Зажим кровоостанавливающий». При экспериментальном исследовании были использованы заготовки, вырезанные на лазерном станке из следующих материалов: 20Х13, 40Х13 и пронумерованы с помощью ударных клейм и были измерены исходные параметры. Данные материалы хорошо поддаются обработке давлением, резанием и абразивной обработке. Устойчивы к агрессивным средам.

Оборудование и методы исследования

В экспериментальном исследовании был использован галтовочный барабан ТВУ-350. Режимы работы виброгалтовки ($f = 1500-2000$ комб. в мин., $A = 3-3,5$ мм) на предприятии не изменяются, поэтому эксперименты проводились на действующих режимах. Время цикла виброгалтовки было одинаковое для каждой установки и составило 4 часа (определено опытным путем). В каждый галтовочный барабан был загружен различный наполнитель (рис.1).



Рисунок 1. Наполнители: 1 – призма скошенная, керамика (ОГЗ); 2 – конус, пластик (СЗ); 3 – конус, пластик (УТЗ); 4 – цилиндр скошенный, фарфор (БМ)

Экспериментальное исследование и анализ.
 Фотографии образцов приведены на рис.2. и рис.3.



Рисунок 2. Заготовка из стали 20X13.



Рисунок 3. Заготовка из стали 40X13.

Перед началом эксперимента были замерены исходные параметры (шероховатость, размеры в 2-х сечениях) каждого образца и представлены в таблице №1.

Таблица 1

Характеристики образцов до обработки.

№	Наименование образца	Кол-во	Исходные параметры (средние размеры и шероховатость)
1	Образец из 20X13	20	6,52 мм x 5,58 мм, Ra6,5
2	Образец из 40X13	20	6,15 мм x 6,21 мм, Ra6,5

В каждый галтовочный барабан был загружен различный наполнитель, компаунд СОЖ и образцы из различных материалов (согласно схеме, рис.4).

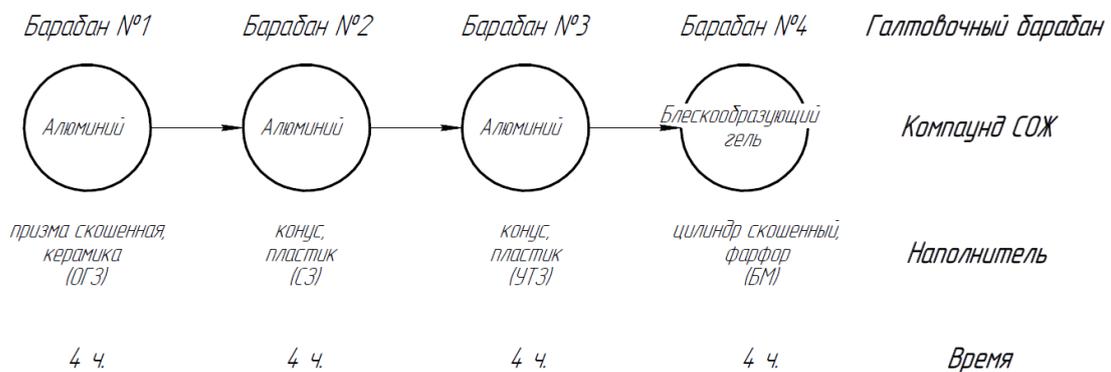


Рисунок 4. Схема проведения эксперимента.

Полученные образы после каждого барабана представлены в таблице № 2.

Таблица 2

Образцы сырые (без термической обработки) после виброгалтовки.

№ барабана	Материал	
	20X13	20X13
	Raисх Ra 6,3...Ra 8,5.	
1	Ra 4,8...6,3	Ra 3,7...6,3
2	Ra 3,8...4,2	Ra 3,2...4,3
3	Ra 2,9...3,8	Ra 2,9...3,3
4	Ra 1,9...2,2	Ra 1,7...2,4
Коэффициент улучшения шероховатости Raоконч/Raисх.	0,3	0,27

После обработки образцы повторно измерялись, и определялся средний припуск на виброгалтовку по 2-м сечениям для каждого этапа обработки (наполнителя) и шероховатость.

Таблица 3

Характеристики образцов сырых после обработки (результаты экспериментальных исследований)

№	Этап обработки (барабан)	Снимаемый припуск (на 2 стороны), мм		Шероховатость, Ra, мкм	Радиус округления острых кромок
		Сечение 1 (по ширине образца)	Сечение 2 (по толщине образца)		
Исходный параметр шероховатости образцов				6,3...8,5	-
1	Образец из 20X13 (барабан №1)	0,008-0,01	0,007-0,01	4,8...6,3	0,2-0,4
	Образец из 40X13 (барабан №1)	0,008-0,01	0,006-0,01	3,7...6,3	0,2-0,5
2	Образец из 20X13 (барабан №2)	0,006-0,007	0,005-0,007	3,8...4,2	0,3-0,5
	Образец из 40X13 (барабан №2)	0,004-0,006	0,004-0,006	3,2...4,3	0,3-0,5
3	Образец из 20X13 (барабан №3)	0,002-0,004	0,002-0,005	2,9...3,8	0,3-0,5
	Образец из 40X13 (барабан №3)	0,002-0,004	0,002-0,004	2,9...3,3	0,3-0,5
4	Образец из 20X13 (барабан №4)	0,001-0,0015	0,001-0,0015	1,9...2,2	0,3-0,5
	Образец из 40X13 (барабан №4)	0,001-0,002	0,001-0,002	1,7...2,4	0,3-0,5
Суммарный припуск	20X13	0,017-0,022	0,015-0,023	-	-
	40X13	0,015-0,022	0,013-0,022	-	-

Выводы

Наибольший эффект в плане снятия припуска и существенного снижения шероховатости показывает галтовка во 2 и 4 барабанах. Экспериментальные исследования показали возможность исключения виброгалтовки в 3 барабане, т.к. она не дает существенного эффекта повышения качества поверхности. С учетом того, что обработка в первом барабане также не дает необходимого эффекта, прежде всего не убирая дефектный слой заготовки и не выравнивая шероховатость по всем сечениям инструмента, данный вид обработки рациональнее заменить на черновое и получистовое шлифование на автоматизированном оборудовании по программе.

Для достижения показателя шероховатости поверхностей до Ra0,32 вероятнее всего необходимо улучшение шероховатости поверхностей перед виброгалтовкой и увеличение времени выполнения полирования виброгалтовкой до 8 часов.

1. Ставышенко А.С. Повышение качества поверхности деталей из нержавеющей сталей способом электрохимического полирования в режиме нестационарного электролиза: Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень. // Известия Томского политехнического университета. - 2009. - Т. 314. - №3.
2. Куликов, И. С. Электролитно-плазменная обработка материалов / И. С. Куликов, С. В. Ващенко, А. Я. Каменев. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 232 с. – ISBN 978-985-08-1215-5.
3. Новоселов М.В., Шиллинг Н.Г., Рудавин А.А., Радкевич М.М., Попов А.И. Оценка возможности полирования нержавеющей сталей струйной электролитно-плазменной обработкой.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия. // Вестник ПНИПУ. - 2018. - Т. 20, № 1 - DOI: 10.15593/2224-9877/2018.1.10.
5. Саранцев Н.С. Исследование технологий финишной обработки заготовок сферической формы, реализуемых на автоматизированном виброгалтовочном оборудовании.: Оренбургский государственный университет, г. Оренбург. // Шаг в науку. - 2022. - №4 – с.71-75.

Кротиков Д.А., Аносова Е.С., Шатагин Д.А., Желонкин М.В.
Анализ модели цифрового двойника металла

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-754

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные особенности внедрения цифрового двойника металла. Проанализирован принцип работы цифрового двойника плавки металла и цифрового двойника испытаний. Исследуется перспективы и эффекты от использования цифровой модели двойника металла. Рассмотрены общие принципы применения цифровых двойников на производстве.

Ключевые слова: цифровой двойник металла, цифровой двойник плавки металла, цифровой двойник испытаний, цифровизация.

Abstract

In this paper, the main features of the implementation of digital metal twin are discussed. The working principle of digital metal melting twin and digital test twin is analyzed. The prospects and effects of using digital metal twin model are investigated. The general principles of the application of digital twin in production are considered.

Keywords: digital twin of metal, digital twin of metal melting, digital twin of testing, digitalization.

Появление машинного обучения (ML), систем промышленного интернета вещей (IIoT) и интеллектуальной обработки больших данных (Big Data и Data Mining), позволило применять новые подходы при обработке результатов исследований, а также в области разработке программы для исследований свойств и структуры металлов.

Надежность является одним из основных показателей качества. Правильно подобранный и качественный материал обеспечивает надежное функционирование изделия.

При производстве даже одной и той же детали, свойства металла будут меняться, так как жизненный цикл его производства будет разным, т.е. информация о химическом составе, номере плавки, заводе изготовителе, оборудовании и т.д. В этой связи, требуется разработка новых подходов к аттестации металлов, в частности, создание электронного паспорта (цифрового двойника) для отслеживания всего их жизненного цикла

Основной целью в области металловедения является управление процессами плавки и кристаллизации для синтеза новых металлических материалов с желаемыми свойствами. Разработка информационных моделей на основе искусственных нейронных сетей необходима для выявления взаимосвязей между управляющими параметрами процесса синтеза металлов и их прочностными свойствами.

Главная задача двойника — дать возможность управлять всеми факторами, влияющими на стоимость и качество продукта ещё до начала его производства. Цифровые двойники, прежде всего, создаются, чтобы существенно ускорить сроки вывода новых марок металлов, изделий на рынок путем моделирования, потому что позволяют представить все этапы его жизненного цикла в виртуальной среде.

Методика разработки цифровых двойников металла

Внедрение цифровых технологий включает в себя создание единой облачной базы данных, которая содержит информацию о различных характеристиках материалов. Эта информация представлена в виде базы данных, которая охватывает свойства материалов в их исходном состоянии, а также при различных температурах, нагрузках и т.д. Данная схема изображена на рисунке 1. Исходные данные для материалов могут быть получены из стандартов и ГОСТов



Рисунок 1. Сбор и хранение информации о металлах.

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева в рамках цифрового двойника плавки металлических материалов и управления процессом их кристаллизации был разработан измерительный комплекс. Концептуальная схема показана на рисунке 2.

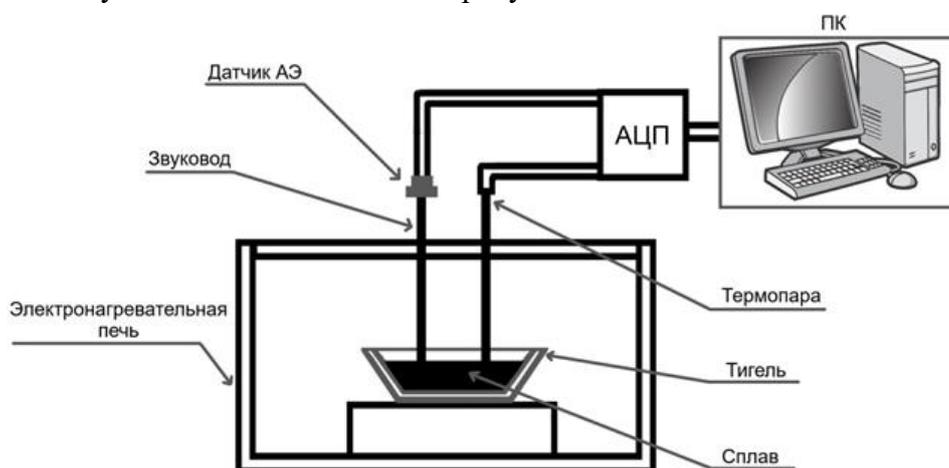


Рисунок 2. Измерительный комплекс для исследования процесса плавки

Данный комплекс состоит из измерительной ячейки, аппаратуры для отслеживания, регистрации и обработки сигналов акустической эмиссии, устройства для измерения и записи температуры. Измерительная ячейка состоит из электронагревательной печи с подключённым в нее звуководом. Измерение температуры осуществляется благодаря термопары. Регистрация изменения значений термопары в процессе нагрева и кристаллизации металла осуществляется самопишущим прибором с выходом на ЭВМ. Звуковод обеспечивает передачу акустических колебаний из зоны плавки. Звуковод сделан из коррозионно-устойчивой стали 12Х18Н10Т.

Входными данными ИНС являлись: T - температура нагрева, ΔT - разность температуры при охлаждении, химсостав и т.д., а на выходе - DF фрактальная размерность, фиксируемая по сигналам акустической эмиссии, имеющей корреляцию, например с σ - S_v истинным напряжением [1].

Для разработки цифрового двойника испытаний необходимо создание измерительного комплекса для сбора и анализа данных в процессе испытания. Схема получения цифрового двойника на примере исследований на растяжение образцов, на основе облачных технологий и нейросетевого моделирования, приведена на рисунке 3.

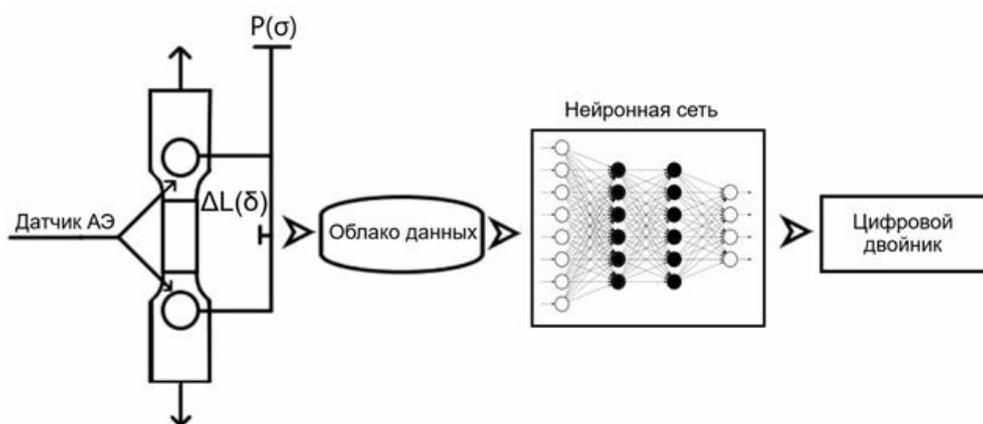


Рисунок 3. Схема получения цифрового двойника на примере испытания на растяжение образцов из металлов с регистрацией АЭ

Во время испытаний металла, в процессе его эксплуатации при различных температурах и видах нагрузений можно получить дополнительную информацию о свойстве материала с помощью датчиков акустической эмиссии (АЭ) и температурных датчиков, установленных на образец металлов.

Как видно из представленных выше подходов к разработке цифровых двойников предложено вести регистрацию сигнала АЭ как в процессе кристаллизации металла, так и в процессе испытаний. Это связано с тем, что при кристаллизации, а также в процессе нагружении образца происходит динамическая локальная перестройка структуры материала, вызывающая испускания акустических волн [2]. Данные упругие волны образуют сигнал АЭ. Сигнал АЭ представляет собой последовательность импульсов различной энергии, длины, амплитуды и частоты. Параметры импульсов, их количество, форма и частота появления несут большое количество информации о состоянии материала.

Вывод

Цифровой двойник, состоящий из нейросетевых моделей металла, обеспечивает обратную связь между реальным и виртуальным миром, что позволяет оптимизировать его химический состав, механические свойства при различных температурах и так далее.

Если цифровой двойник разрабатывается для нового металла с определенными свойствами, то через симуляцию его химического состава можно выявить возможные риски при его использовании в конкретных условиях и доработать технологические процессы плавки без вмешательства в работу реального процесса.

Электронный паспорт металла должен быть визитной карточкой металлургического предприятия, которое производит широкий ассортимент металлической продукции. Наличие такого паспорта является гарантией покупки качественной продукции потребителем.

1. Трефилов В.И., Каргузов В.В., Минаков Н.В. Связь фрактальной размерности поверхности разрушения с механическими свойствами //Сб. ФИПС-99. Фракталы и прикладная синергетика. Москва. 1999. - С. 10-11.
2. Макаров, В.М. Нормирование - основа развития цифровых производств // Ритм машиностроения.- №10.- 2016.- С.22-27.
3. Кабалдин Ю.Г., Хлыбов А.А., Гаврилов Г.Н., Аносов М.С., Колчин П.В. Электронная модель (паспорт) металлических материалов - как основа обеспечения их надежности при эксплуатации // Вестник современных исследований. - № 1-3(28). - 2019. - С.78-87.

Павлов А.Д., Аносов М.С., Шатагин Д.А., Желонкин М.В.

Анализ модели цифровых двойников машиностроительного производства

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-755

Аннотация

В данной статье проанализированы модели цифровых двойников в машиностроительном производстве. Анализ проводится с помощью рассмотрения преимуществ и возможностей использования цифровых двойников в различных аспектах машиностроительного производства, таких как проектирование, производство, тестирование и связи заказчика и исполнителя. Сделаны выводы о значимости и необходимости цифровых двойников в условиях современных предприятий и о том, как можно реализовать внедрение их на машиностроительное производство.

Ключевые слова: цифровой двойник, производство, оборудование, технологический процесс.

Abstract

This paper analyzes digital twin models in mechanical engineering manufacturing. The analysis is done by considering the advantages and opportunities of using digital twins in various aspects of machine manufacturing such as design, manufacturing, testing and customer-performer communication. Conclusions are drawn on the significance and necessity of digital twins in today's enterprise environment and how their implementation in machine manufacturing can be realized.

Keywords: digital twin, production, equipment, technological process.

Создание цифровых двойников является новым направлением в разработке оборудования, техпроцессов и планировании производства [1,2]. По определению Siemens, цифровой двойник - это набор математических моделей, которые представляют различные состояния оборудования, технологических и бизнес-процессов во времени, учитывая текущие условия производства. Цифровые двойники могут быть созданы с использованием традиционных аналитических методов моделирования на основе математических описаний физических процессов, а также с использованием современных статистических методов, включая нейронные сети и машинное обучение.

Модель функционирования предприятия представлена на структурной схеме на рис. 1. Она является многомерной открытой динамически развивающейся системой с обратными связями, обменивающейся информацией с окружающей средой.

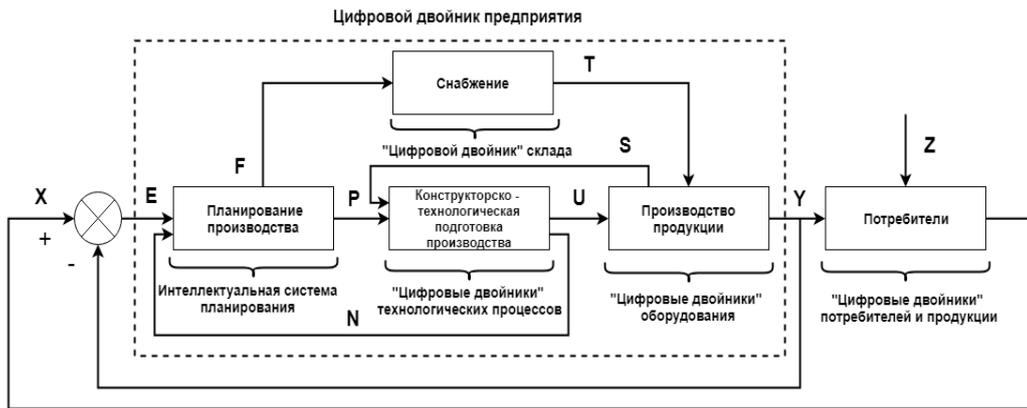


Рисунок 1. Структурная схема функционирования механообрабатывающего предприятия и его взаимодействия с потребителем.

Входной сигнал системы - вектор X , который определяется потребностями клиентов в определенной продукции с заданными качеством и функциональными возможностями. Параметры этого вектора определяются на основе маркетинговых исследований, прогнозирования спроса, имеющихся заказов и представленных технических заданий.

Вектор E представляет степень удовлетворенности клиентов и используется в звене планирования производства для определения параметров производственной программы. Вектор P содержит информацию о количестве выпуска изделий, себестоимости и другие показатели производства, и формируется с учетом ограничений по производственным мощностям. Техничко-экономические нормы постоянно уточняются и могут быть недостаточно адекватными, что влияет на планирование производства и себестоимость продукции. Производственная программа формируется на разные периоды времени и может корректироваться. Значения вектора P преобразуются в управляющее воздействие U , которое определяет технологию изготовления или же техпроцесс. Вектор S характеризует ограничения оборудования и формируется на основе опыта и статистики его работы. Готовая продукция характеризуется вектором Y , которая ещё является вектором обратной связи. Вектора N , F , T являются промежуточными и служат для связи между различными подразделениями.

Основываясь на описание схемы «цифровых двойников» можно обозначить, что для машиностроительного производства «цифровые двойники» - это двойники оборудования, тех. процессов, склады, путь изделий и потребители конечного продукта.

Большинство компаний, занимающихся высокотехнологичной продукцией, применяют подход SCRUM в управлении проектами. Он основан на постоянной обратной связи с клиентами, учете их пожеланий и изменениях в функциональности продукта. Для оценки качества продукции и ее возможностей проводятся интерактивные опросы. Это позволяет строить прогнозные модели и планировать производство новой продукции. Таким образом, использование электронных устройств, интегрирующихся в информационное пространство и собирающих данные о пожеланиях клиентов, позволяет получить конкурентные преимущества на рынке. Кроме того, создание "цифровых двойников" продукта и клиента помогает привлечь и удержать клиентов, предсказать их будущие потребности и классифицировать целевую аудиторию.

Использование "цифровых двойников" в производстве позволяет автоматически корректировать технические нормы, учитывая возможности каждой производственной единицы и ее текущее и будущее состояние. Эта корректировка происходит автоматически и наглядно отображает основные тренды в изменении производственных мощностей предприятия. Такая возможность позволяет оптимизировать запасы и планировать закупки комплектующих для ремонта оборудования. Поэтому важной задачей в области цифровизации производства является разработка и внедрение систем автоматического сбора и хранения данных состояния оборудования и технологических процессов на разных этапах с

последующим формированием статистических моделей для оптимизации производственных мощностей, снижения затрат, рисков и повышения качества продукции.

В цифровом производстве технологическое оборудование рассматривается как кибер-физическая система. Кибер-физическая система (КФС) - это основная технологическая единица цифрового производства, характеризующаяся высокими адаптивными и интеллектуальными возможностями за счет ассоциативного восприятия информации и постоянного обучения[3,4]. КФС способна оценивать текущее состояние и прогнозировать будущее, автономно решать задачи оптимизации и принимать правильные решения на основе анализа многомерных данных, учитывая различные факторы реального производства. Поэтому главной задачей при организации КФС является создание "цифровых двойников" оборудования, которые являются набором нейронных сетей, отражающих различные состояния оборудования и технологических процессов в соответствии с текущими производственными условиями, а также детализированными сборочными 3D моделями объектов, отображающими связи и взаимодействия между узлами. "Цифровой двойник" оборудования следует рассматривать как его электронный паспорт или цифровую идентичность, в которой фиксируются все данные о материалах, произведенных операциях, испытаниях, исследованиях и т. д.

Разработка цифрового двойника станочной системы (кибер-физической системы-КФС) включает четыре основные нейронные сети: силы резания, шероховатости, динамического состояния и износа инструмента. Информация о параметрах собирается с помощью датчиков виброакустической эмиссии (ВАЭ) и подвергается анализу с использованием программного обеспечения (ПО). Оптимизация производства также включает мониторинг и диагностику оборудования[5]. Для этого необходим сбор и анализ электронных данных, чтобы оперативно отслеживать состояние склада, информацию от поставщиков и заказчиков, параметры качества сырья и продукции и т.д. Это позволяет принимать интеллектуальные решения, снижать затраты и время на поиск проблемных источников. Нейросетевые модели цифровых двойников позволяют симулировать различные параметры деятельности предприятия и проводить виртуальное моделирование производственных процессов, включая определение необходимого оборудования и его оптимальное расположение, исходя из объема и номенклатуры продукции.

Все цифровые двойники, отвечающие за стабильность производства, должны быть объединены на одной платформе для упрощенного обмена данными в едином информационном пространстве. Единая платформа позволяет минимизировать или полностью исключить ручной ввод данных, чтобы исключить человеческий фактор и сделать производство саморегулируемым. Для этого важна роль искусственного интеллекта с программой самообучения, который постоянно улучшает и оптимизирует производственные процессы.

1. Есть способ лучше: цифровой двойник повышает эффективность процессов конструкторско-технологического проектирования и производства // CAD/CAM/CAE Observer.- №3.- 2016.- С. 36-40.
2. Макаров, В.М. Нормирование - основа развития цифровых производств // Ритм машиностроения.- №10.- 2016.- С.22-27.
4. Кабалдин Ю.Г., Биленко С.В., Серый С.В. Управление динамическими процессами в технологических системах механообработки на основе искусственного интеллекта, Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО "Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т".- 2003. -201 с.
5. Кабалдин Ю.Г., ред. Искусственный интеллект и кибер-физические механообрабатывающие системы в цифровом производстве. Нижний Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2018. 271 с.
6. Кабалдин Ю.Г., Лаптев И.Л., Шатагин Д.А., Серый С.В. Диагностика выходных параметров процесса резания в режиме реального времени на основе фрактального анализа и вейвлет-анализа с использованием программно-аппаратных средств National Instruments и Nvidia CUDA // Вестник машиностроения.- 2014.- № 8.- С. 80-82

Якупова А.Б., Базин Д.А.

Современные машины и приводы для ветроэнергетики

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-756

Аннотация

Ветроэнергетика в Российской Федерации становится все более важной и перспективной отраслью в обеспечении энергетической безопасности и устойчивого развития страны. В связи с чем, в данной статье подробнее рассматриваются основные составляющие ветроэнергетических установок, которые играют роль ключевого элемента, отвечающие за их работу.

Ключевые слова: ветрогенераторы, приводы, лопасти, ветроэнергетика, энергопроизводство.

Abstract

Wind energy in the Russian Federation is becoming an increasingly important and promising industry in ensuring energy security and sustainable development of the country. In this connection, this article discusses in more detail the main components of wind power plants, which play the role of a key element responsible for their operation.

Keywords: wind generators, drives, blades, wind power, energy production.

Благодаря естественным условиям, таким как обширные территории, протяженные побережья и моря, Россия обладает значительным потенциалом для развития ветроэнергетики.

В последние годы правительство РФ активно поддерживает и стимулирует развитие данной отрасли. В рамках принятых программ и законодательных актов предусматривается создание специальных экономических зон для строительства и эксплуатации ветроэлектростанций, что создает уникальные возможности для инвесторов и разработчиков. Более того, государственная поддержка в виде финансовых инструментов и налоговых льгот для компаний, занимающихся ветроэнергетикой, способствует активному привлечению инвестиций и ускоряет развитие отрасли.

Современные машины и приводы для ветроэнергетики играют ключевую роль в развитии и использовании возобновляемых источников энергии. Ветроэнергетика стала одной из наиболее эффективных и экологически чистых форм производства электроэнергии, и это благодаря постоянному совершенствованию машин и приводов, которые применяются в ветрогенераторах.

Одной из важных составляющих современных ветроэнергетических установок являются лопасти. Они обеспечивают перевод кинетической энергии ветра в механическую энергию вращения ротора. Производство и конструкция лопастей стали предметом интенсивного исследования и разработки, с целью повышения эффективности и надежности ветрогенераторов. Современные лопасти изготавливаются из композитных материалов, отличающихся высокой прочностью и легкостью. Это помогает снизить массу вращающегося ротора и увеличить его эффективность [3].

Процесс разработки лопастей ветроэнергетических установок – это не только технически сложный процесс, но и настоящее искусство. Ведь они должны быть спроектированы таким образом, чтобы максимально эффективно фиксировать и использовать поток энергии ветра.

Лопастей обладают уникальной формой и конструкцией, которая обеспечивает оптимальное взаимодействие с воздушными потоками. Они могут быть выполнены из различных материалов, таких как стекловолокно, углепластик или композитные материалы. При этом основными требованиями к материалам являются прочность, легкость и долговечность.

Помимо технических характеристик, лопасти ветроэнергетических установок также играют важную роль в контексте экологической устойчивости и снижения вредного воздействия на окружающую среду. Ветроэнергетика считается одним из наиболее экологически чистых источников энергии, и лопасти играют здесь значительную роль.

Таким образом, лопасти ветроэнергетических установок – это важный компонент, обеспечивающий эффективное преобразование энергии ветра в электрическую энергию. Они объединяют в себе передовые технологии, высокий уровень инженерной работы и уникальное дизайнерское решение. Вместе они способствуют развитию экологически чистых источников энергии и содействуют устойчивому развитию нашей планеты [5].

Другой важной составляющей ветроэнергетических установок является генератор. Генераторы ветроэлектростанций играют роль ключевого элемента, отвечающего за преобразование механической энергии ротора в электрическую энергию. Современные генераторы обладают высокой эффективностью и надежностью, а также могут работать при различных скоростях ветра. Существуют различные типы генераторов для ветроэнергетических установок, включая синхронные генераторы и генераторы с постоянными магнитами.

Первым и главным элементом генератора является ветроход. Он способен эффективно перехватывать воздушные потоки и преобразовывать их кинетическую энергию в механическую энергию вращения. Ветроход обладает прочной конструкцией, способной выдерживать сильные ветровые нагрузки и работать при различных погодных условиях.

Далее, механическая энергия, полученная от вращения ветрохода, передается на генератор. Генератор, основанный на принципе электромагнитной индукции, преобразует механическую энергию вращения в электрическую энергию. Он оснащен высокоэффективными компонентами, которые максимизируют эффективность генерации электроэнергии при минимальных потерях [4].

Для обеспечения непрерывности энергопроизводства и минимизации энергетических потерь, генератор ветроэнергетических установок подключается к сети электропередачи. Благодаря этому, электроэнергия, произведенная генератором, может быть использована в широком диапазоне промышленных и бытовых целей.

Одним из важных преимуществ генератора ветроэнергетических установок является его экологическая безопасность. В процессе производства электроэнергии не выделяются вредные выбросы и загрязняющие вещества, что способствует сохранению окружающей среды и минимизации негативного воздействия на климат.

Кроме лопастей и генераторов, важными элементами ветроэнергетических установок являются приводы. Приводы отвечают за передачу энергии от лопастей или ротора до генератора. Одним из наиболее широко применяемых приводов является прямой привод, при котором ротор вращает непосредственно генератор, минуя использование механических передач. Прямые приводы обладают высокой эффективностью и надежностью, а также обеспечивают более простую конструкцию и увеличенный срок службы ветрогенераторов [1].

Приводы ветроэнергетических установок могут быть различными и включать в себя разнообразные принципы работы. Наиболее распространенными приводами являются прямые приводы и редукторные приводы.

Прямые приводы ветроэнергетических установок характеризуются отсутствием промежуточных узлов передачи, что обеспечивает более простую конструкцию и более эффективное использование энергии ветра. В этом типе привода вращение лопастей ветротурбины непосредственно передается на вал генератора, что позволяет минимизировать потери энергии и достичь более высокой эффективности работы системы.

Редукторные приводы, в свою очередь, обычно включают редукторное устройство, которое позволяет изменять скорость вращения лопастей ветротурбины перед передачей ее на вал генератора. Этот тип привода предоставляет больше возможностей для регулирования работы установки в зависимости от особенностей ветра и нагрузки.

Вне зависимости от типа привода, основное требование для преобразования энергии ветра в электрическую энергию заключается в создании максимально эффективной передачи

механической энергии от ветротурбины к генератору. Это обеспечит максимальную выработку энергии и повысит эффективность работы всей системы.

Одной из основных составляющих ветрогенераторов являются различные типы ветроколес, которые позволяют успешно преобразовывать энергию ветра в электрическую энергию. Каждое ветроколесо представляет собой систему лопастей, соединенных с генератором. Эти лопасти обеспечивают хороший захват воздушных потоков и эффективно преобразуют кинетическую энергию вращения ветра в механическую энергию вращения генератора, где короткозамкнутая система образует электроэнергию [4].

Современные машины для ветроэнергетики отличаются высокой надежностью и эффективностью работы. Они способны обрабатывать большой объем воздушных потоков и производить значительное количество энергии. Кроме того, современные ветроколеса также обладают высокой устойчивостью к экстремальным погодным условиям, что делает их применимыми в самых различных климатических зонах.

Однако, помимо ветроколес, важным элементом современных машин для ветроэнергетики является система управления. Она отвечает за оптимальную работу ветроэнергетической установки, контролируя вращение ветроколес и поддерживая стабильность работы. Современные системы управления разработаны с использованием передовых технологий и позволяют максимально эффективно использовать энергию ветра [2].

Кроме того, современные машины для ветроэнергетики обладают исключительными экологическими характеристиками. Использование ветровой энергии является одним из наиболее экологически безопасных источников энергии, так как ветрогенераторы не загрязняют окружающую среду выбросами газов или другими отходами. Благодаря этому, они становятся все более популярными в мире и приобретают все большее значение в обеспечении энергетической безопасности и устойчивого развития планеты.

Таким образом, современные машины и приводы для ветроэнергетики играют важную роль в повышении эффективности и надежности ветрогенераторов. Благодаря инновационным технологиям и совершенству конструкции, ветроэнергетика становится все более привлекательным источником возобновляемой энергии, способной удовлетворить потребности современного общества в электрической энергии, сохраняя при этом окружающую среду.

1. Ревенко А.Г. Реферат магистерской диссертации. Донецк: ДонНГУ, 2018.
 2. Данилевич Я.Б., Богуславский И.З. Асинхронизированные синхронные генераторы для ветростанций и малых ГЭС // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2019. № 7. С. 19–21.
 3. Кирпичникова И.М., Мартыянов А.С., Соломин Е.В. Преобразование энергии в ветроэнергетических установках // Альтернативная энергетика и экология – ISJAEE. 2019. № 1. С. 93-97.
 4. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины переменного тока. СПб.: Питер, 2008. 8. Ганджа С.А. Аналитическая записка по выбору типа генератора для ветроэнергетических установок малой и средней мощности. Челябинск: ЮУрГУ, 2019.
 5. Киндряшов А.Н. Моделирование асинхронизированного синхронного генератора для ветроэнергетической установки в среде Matlab. Челябинск: ЮУрГУ, 2021.
-

РАЗДЕЛ XXIII. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Гарипова П. В., Исаева С. М.

Сравнительная характеристика классификаций 3D-печати: достоинства и недостатки

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-12-2023-757

Аннотация

В данной статье представлены современные виды 3D-печати, которые применяются инженерами для построения моделей. Основное внимание уделяется особенностям 3D-печати и описанию процесса изготовления деталей.

Ключевые слова: 3D-печать, экструдирование, экструзия, фотополимеризация, селективное лазерное спекание, струйная 3D-печать.

Abstract

This article dwells upon modern types of 3D printing used by engineers to construct models. The main attention is given to 3D printing features and the description of parts production process.

Keywords: 3D printing, extrusion, photopolymerization, selective laser sintering, ink-jet 3D printing.

3D-печать востребована во многих отраслях жизнедеятельности человека. Она получила свое распространение и в инжиниринге благодаря наглядности, функциональности, экономии времени и средств. Например, при 3D-печати изделия, можно оценить характеристики и сборку модели на стадии моделирования, протестировать ее на функциональность, соответствие заявленным качествам и выявить у прототипов их достоинства и недостатки.

Экструдирование материала – это аддитивный процесс 3D-печати, в котором нить материала плавится в нагретом до высокой температуры сопле и подается к экструзионной головке. Материалом для такого вида печати служат термопластичные нити такие как: PLA, ABS, PET, PETG, TPU. Точность такой печати $\pm 0,5\%$ (нижний предел $\pm 0,5$ мм.). Технологии 3D-печати относятся: моделирование плавленного осаждения (FDM) или изготовление плавленных нитей (FFF).

Технология работы заключается в том, что катушка нити загружается в 3D-принтер и подается через сопло к экструзионной головке. После чего двигатель проталкивает нить через заранее нагретое сопло, заставляя ее плавиться. Затем принтер перемещает экструзионную головку по заданным координатам, укладывая расплавленный материал на сборную пластину, где он охлаждается и затвердевает. Как только слой завершен, принтер приступает к укладке следующего слоя. Этот процесс печати повторяется пока объект не будет сформирован. Если у объекта имеются нависающие части иногда необходимо добавлять поддержки для того что бы модель не обрушилась.

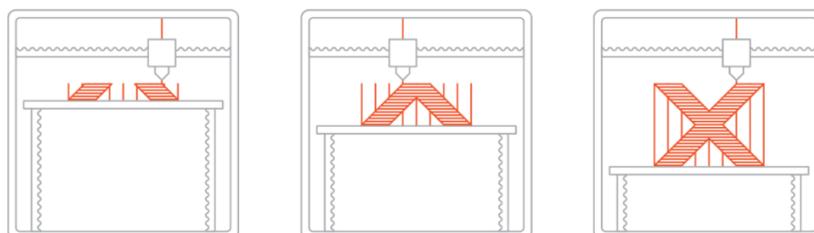


Рисунок 1. Схема 3D-печати с экструзией материала.

К достоинствам такой печати относятся: низкая себестоимость, хорошая производительность оборудования, быстрая настройка принтера, большой ассортимент сырья, полноцветные доступные по цене материалы

Недостатком считается слоистое строение готовых предметов, что ведёт к хрупкости изделия. Еще один недостаток — не самая высокая поперечная прочность готовых изделий, но правильная установка элемента позволяет устранить этот недочёт.

Полимеризация в ванне – это процесс 3D-печати, при котором источник света избирательно отверждает фотополимерную смолу в ванне. Двумя наиболее распространенными формами полимеризации в ванне являются SLA (стереолитография, использует точечный лазер) и DLP (Цифровая обработка светом, использует светодиодный проектор или УФ-лампу). Точность печати: $\pm 0,5\%$, нижний предел $\pm 0,15$ мм.

SLA-принтер использует зеркала, одно из них расположено на оси X, а другое – на оси Y. Они направляют лазерный луч через ванну со смолой, избирательно отверждая засвеченные участки на дне ванны, которая поднимается с определенным шагом и так создается слой за слоем. Получается, что изделие растет вниз головой.

В DLP свет проецируется на дно ванны с помощью светодиодных экранов или УФ-лампы, который направляется на поверхность сборки с помощью массива зеркал, которые контролируют направление проецирования света, и генерируют световой узор на поверхности сборки. Процесс печати в DLP быстрее чем в SLA, потому что происходит засветка сразу всего слоя, а не постепенной засветки площади лазером.

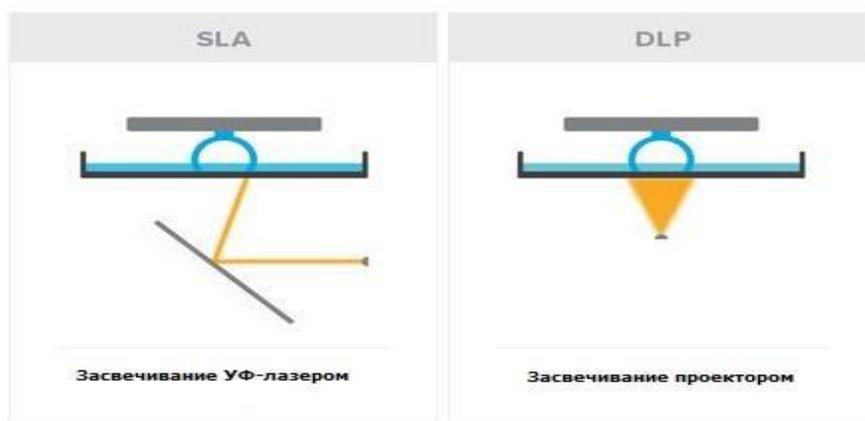


Рисунок 2. Схемы работы 3D-принтеров SLA и DLP.

Преимуществом данного вида печати является то, что она практически не нуждается в обработке поверхности, кроме отчистки от поддержек, детали получаются с высокой точностью и минимальным количеством отходов. Но вместе с этим детали являются достаточно хрупкими.

Слияние порошкового слоя – это процесс 3D-печати, в котором источник тепловой энергии выборочно расплавляет участки слоя порошкового материала. Роль поддержек выполняет неиспользованный порошок. К данному виду печати относят технологии MJF, DMLS, EBM, SHS, SLM, SLS. Точность печати $\pm 0,3\%$

Емкость с полимерным порошком нагревается до температуры чуть ниже температуры плавления полимера, затем лезвие наносит слой материала около 0,1 мм толщиной в область построения. Затем лазерный луч будет избирательно спекать порошок в поперечном сечении объекта. При сканировании всего поперечного сечения платформа сборки перемещается вниз на одну толщину слоя по высоте. Покрывающее лезвие наносит новый слой, и лазер спекает следующий поперечный разрез объекта на ранее затвердевший слой. Далее процесс повторяется.

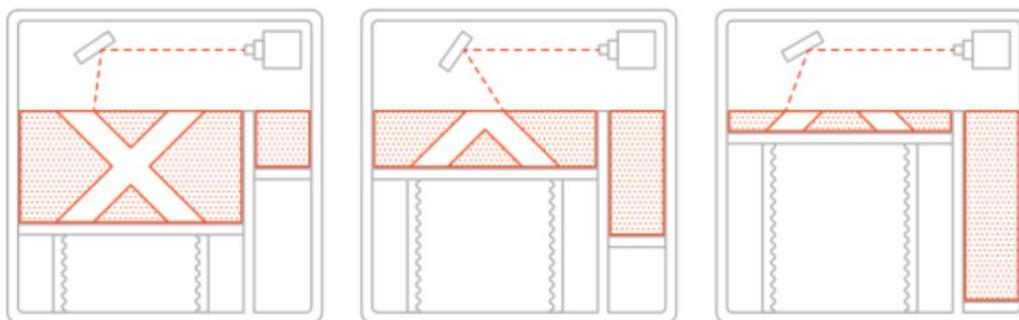


Рисунок 3. Схема SLS печати

Таким способом можно печатать детали сложной геометрической формы и хорошими механическими свойствами, но на печать затрачивается больше времени и средств.

Струйная 3D-печать - капли материала выборочно размещены и отверждаются в области построения. Используя фотополимеры или капли воска, которые твердеют при воздействии света, объекты строятся по одному слою за один процесс. Технологии печати MJ (струйная 3D-печати) и DOD (подача по требованию). Точность такой печати $\pm 0,1$ мм.

Печатающая головка выпускает капли фотополимера, а затем отверждает их с помощью УФ-лампы. После того, как один слой был нанесен и отвержден, платформа сборки опускается вниз на одну толщину слоя, и процесс повторяется.

Отличие MJ и DOD в том, что объекты, изготовленные с помощью MJ, требуют поддержки, которая печатается одновременно во время сборки из растворимого материала, который удаляется на стадии постобработки. DOD использует два струйных принтера, один из них печатает изделие из основного материала, а второй изготавливает опоры из растворимого впоследствии материала.

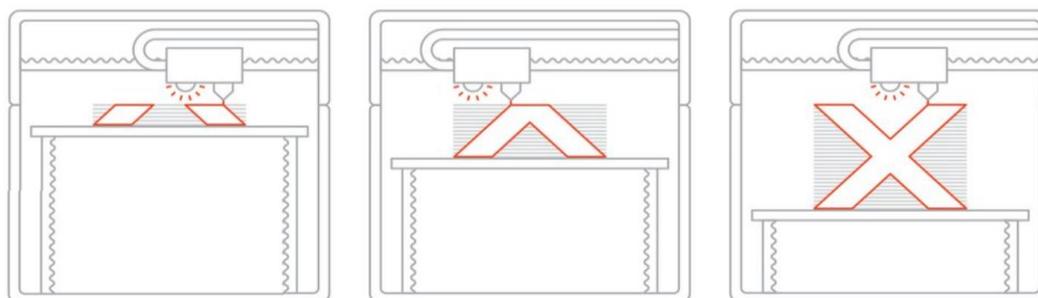


Рисунок 4. Схема струйной 3D-печати.

Достоинства струйной 3D-печати в том, что можно это самая точная технология, имеется полноцветная печать и детали имеют очень гладкую поверхность, сравнимую с литьем под давлением. Но при этом детали достаточно хрупкие и под воздействием солнечного света прочностные характеристики ухудшаются.

Струйная 3D-печать со связующим веществом – процесс, в котором жидкое связующее вещество выборочно наносится на участки порошкового материала. К этому виду печати относят технологию VJ (струйная печать связующим веществом) используется металлический порошок или песок. Размерная точность: $\pm 0,2$ мм(металл) или $\pm 0,3$ мм (песок).

Тонкий слой частиц порошка наносится на платформу построения. Затем струя связующего клея впрыскивается печатающей головкой, чтобы связывать частицы порошка. После завершения печати модель очищается от порошка. На этом этапе модель очень хрупкая и требует дополнительной постобработки. Для металлических деталей это включает термическое спекание или пропитку металлом с низкой температурой плавления (например, бронзой), в то время как полноцветные модели пропитываются цианоакрилатным клеем.

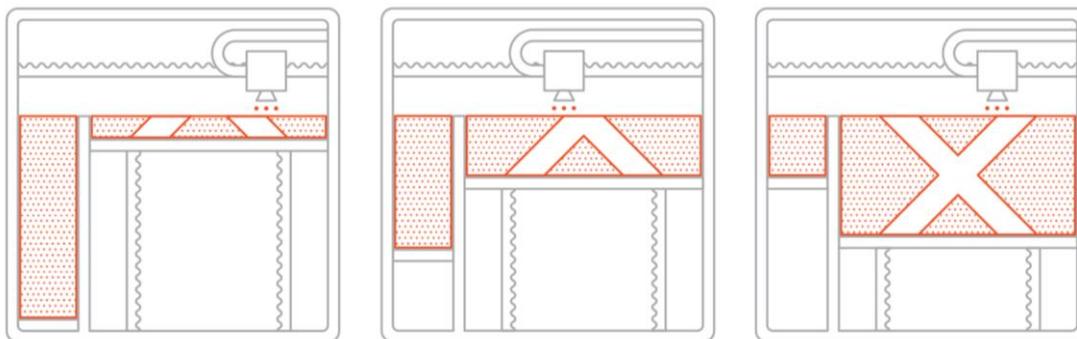


Рисунок 5. Схема процесса VJ печати.

Преимущества струйной печати со связующим веществом: низкая стоимость, большие объемы сборки, изготовление функциональных металлических деталей. Но при всех плюсах есть и минус, это низкие механические свойства.

1. Адарченко Г. А. Особенности применения селективного лазерного плавления (SLM) // Тезисы докладов научно-технической конференции. Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого. 2022. С. 11.
2. Голубев И. Г., Быков В. В., Голубев М. И., Спицын И. А. Анализ оборудования и материалов для 3D-печати полимерных деталей // Доклады ТСХА.
3. Круликовский А. П., Соколовская В. О. 3D-печать – новая технология, новая опасность // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции 2016 С. 230-231.
4. Очковский А.С., Хмылко В.В. Технология 3D-печати: проблемы и перспективы использования // Тезисы докладов всероссийской научной конференции молодых учёных с международным участием 2022 С. 368-369.
5. Рыжков А. И., Шиленок Л. В. Процесс развития и классификация аддитивных технологий // Сборник статей Всероссийских научно-практических конференций. Гл. редактор О.В. Мухина. Севастополь, 2023. С. 165-169.
6. Сироткин Е. С. Разработка и печать деталей из пластика // в мире научных открытий. Материалы V Международной студенческой научной конференции. Том II. Ульяновск, 2021. С. 503-506

Судаков С.С., Исаева С.М.

Особенности применения 3D-технологий в промышленности

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-758

Аннотация

Аддитивное производство в последнее время стремительно развивается. Возможность создавать изделия сложных геометрических конфигураций открыло перед трехмерной печатью дорогу в промышленные и научные сферы. Модели, построенные по цифровым аналогам, не хуже по качеству чем традиционные детали, хотя во многих случаях могут быть воплощены в жизнь с меньшими затратами. Возможно ли говорить, что за такой технологией будущее?

Ключевые слова: 3D-технологии, реверс-инжиниринг, 3D-сканирование, аддитивное производство.

Abstract

Recently additive manufacturing has been developing rapidly. The possibility of creating complex geometric configurations products has opened the way to three-dimensional printing in industrial and scientific fields. Models built on digital analogues are as good in quality as traditional parts, although in many cases they can be brought to life at a lower cost. Is it possible to say that such technology is the future?

Keywords: 3D-technologies, reverse engineering, 3D-scanning, additive manufacturing.

3D печать – создание трехмерного объекта на основе 3D модели с помощью процессов, в ходе которых материал соединяется, наносится или затвердевает под управлением компьютера. При этом обычно материал наносится послойно. Наносится выдавливанием, фотополимеризацией, плавкой порошка или экструзией (процесс изготовления деталей при котором материал выборочно подается в сопло или жиклер), зависит от типа принтера.

Выделяют следующие классы 3D печати:

- экструдирование – выдавливание слоя материала по заданной траектории (маркировка FFF);
- фотополимеризация (в ванночке) – способ изготовления путем засветки слоев фотополимера источником света с определенной длиной волны (маркировка SLA, DPL);
- плавка порошков – осуществляется за счет послойной плавки порошка по заданной траектории (маркировка SLS);
- струйная печать – печать с помощью жидкого материала и формообразующего объекта (маркировка DDD);
- плавка металлических порошков – послойное изготовление деталей, нагрев металлического порошка до температуры кристаллизации (маркировка SLM, EBM, DMLS).

Чаще всего в качестве материала выступают полимеры: термопласты, но могут так же быть реактопласты (отвердевают под действием энергии света), так же металлы (в виде порошка или проволоки) и специальные смеси.

3D сканирование – процесс сканирования реального объекта для сбора данных, которые в свою очередь могут быть использованы для построения 3D моделей, что происходит в несколько этапов: подготовка сканируемой детали (обработка специальным средством, предназначенным для того что бы убрать блики света), выбор оптимальной зоны, выполнение достаточного количества скана, совмещение полученного скана, доработка (устранение шумов, для получения более точных данных).

3D сканирование классифицируется по методам: контактные (сканирование осуществляется через физический контакт пока сам объект находится на поверочной плите для определения степени шероховатости поверхности) и бесконтактные (бесконтактные – сканирование осуществляется по принципу триангуляции, при котором камера ищет луч на поверхности объекта и измеряет расстояние до него, при этом оптическая ось камеры и лазера разнесены, а расстояние и угол между ними известны).

Оптический метод – сканирование структурированным светом в связке с кинопроекторами. При засвете объекта «зепрой» или черно-белым квадратами, расположенными в шахматном порядке, камера анализирует искривления полученной картинке и на основе этих данных строят 3D модель.

Технология 3D-печати противоположна по принципу действия привычным фрезервальным и режущим станкам. В стандартном производстве детали формируются путем удаления лишних слоев. В 3D-принтерах ситуация строится противоположным способом. При изготовлении детали с помощью печати практически отсутствуют отходы материалов и достигается требуемая точность изготовления. Это факт может обратить внимание на изготовление по этой методике.

Метод 3D-печати успешно закрепился в таких отраслях промышленности, как: автомобильная, аэрокосмическая, медицинская, строительная, оборонная. В основном за счет того, что методика позволяет создавать геометрические формы большой сложности. Этого сложно добиться с помощью стандартного производственного оборудования. Перед инженерами и конструкторами открываются новые возможности.

Развитие печати в этой отрасли во многом обусловлено большими производителями этой отрасли, включая GE, Airbus, Boeing. При помощи данного метода можно создавать: функциональные прототипы, инструментальную оснастку, легкие компоненты.

В целом 3D-печать в аэрокосмической и некоторых других отраслях служит не только для создания прототипов. Так же и рабочие детали могут печататься на 3D-принтере и использоваться по назначению. Например: воздуховоды (SLS), стеновые панели (FDM) и даже структурные металлические компоненты (DMLS, EBM, DED).

Данный метод обладает рядом достоинств для некоторых отраслей промышленности, среди которых следует выделить:

- 1) консолидация деталей – одно из преимуществ 3D-печати: возможность объединить несколько деталей в один компонент. Тем самым сократить количество используемых деталей, чем можно значительно упростить процесс сборки и технического обслуживания, за счет времени, которое уходит на сборку;
- 2) малое количество отходов (высокая эффективность материалов) – из-за того что метод печати основан на изготовлении деталей слой за слоем, материал используется только там, где он необходим. В результате получается меньше отходов, чем при традиционных методах;
- 3) выбор доступных материалов для 3D-печати для аэрокосмической промышленности варьируется от термопластов инженерного класса до металлических порошков (высокоэффективные сплавы, титан, алюминий, нержавеющая сталь). Разнообразие доступных материалов для 3D-печати становится больше и больше, что дает новые возможности применения в аэрокосмической отрасли;
- 4) Мелкосерийное производство – для некоторых отраслей промышленности, где довольно сложные детали производятся в малых объемах, 3D-печать является оптимальным решением. С помощью этой технологии можно создавать сложные геометрические формы без затрат на дорогостоящее инструментальное оборудование. Что дает изготовителям и поставщикам продукции экономически эффективный способ производства небольших партий деталей;
- 5) Низкий вес изготавливаемой детали - вес, является одним из решающих факторов, которые необходимо учитывать в некоторых отраслях промышленности. Снижение веса может сыграть ключевую роль в выборе метода производства или материала детали. В этом может помочь метод 3D-печати: эта технология оптимально подходит для создания облегченных деталей, что приводит к значительной экономии. В сочетании с инструментами оптимизации конструкции, такими как программное обеспечение для генеративного проектирования, потенциал для увеличения сложности внушительный;
- 6) Ремонт и техническое обслуживание некоторых деталей. Средний срок службы самолета может составлять 20-30 лет, из-за чего ремонт и капитальный ремонт и техническое обслуживание становится важной задачей. Технологии 3D-печати металлов, в частности прямое термическое напыление, прекрасно подходят для ремонта аэрокосмического и военного оборудования. Лопасты турбин и другое высокотехнологичное оборудование также могут быть восстановлены и отремонтированы путем добавления материала на изношенные поверхности.

Применение промышленных 3D-сканеров.

3D-сканеры используют для осуществления контроля изделий в условиях серийного производства. Технология измеряет и после сравнивает с чертежом линейных и угловых геометрических параметров изделия. Так же когда нужно воссоздать документацию на какое-

либо изделие, имея это изделие, но не имея документации, крайне сложно повторно запустить изделие в производство. И тут могут помочь 3D-сканеры. Они давно внедрены в систему реверс-инжиниринга (процесс разработки конструкторской документации или 3D модели изделия на основе готового образца изделия. То есть конструкторская документация или 3D модель не разрабатывают с нуля, а восстанавливается по готовому изделию, измеряя его размеры и изучая другие его параметры) сложной формы. 3D-сканирование позволяет получить поверхности всех элементов, сканируемой детали с большой точностью.

Проектирование – для создания с нуля или изменения какого-либо объекта, с внедрением 3D-сканеров теперь нет необходимости тратить большое количество времени на разработку чертежей и документации. Достаточно отсканировать объект и сконвертировать в удобный для обработки формат. Проектирование в современных САД-программах позволяет быстро получить требуемую модель на основе отсканированного оригинала.

Объекты сканирования.

Трехмерный сканер представляет собой устройство, анализирующее физический объект и на основе полученных данных создающее его 3D-модель. Сканер, в зависимости от используемых модулей, позволяет производить весь цикл анализа деталей:

- диаметры, положение центров, отверстий, скруглений;
- углы между ребрами, гранями;
- технологическое смещение частей кованных и литых изделий, связанное со смещением элементов пресс-форм;
- определять сдвиг половинок формы;
- выполнять отбраковку по заданным параметрам геометрии и заданным допускам (диаметр отверстий, конусность, радиусы скруглений и т.д.).

Промышленные 3D-сканеры уже внедрены во все технологичные производства США и стран Западной Европы. В последнее время и российские производители проявляют интерес к технологии, что позволяет надеяться на рост конкурентоспособности отечественных предприятий.

Устройства позволяют не только быстро анализировать данные об объекте, но и загрузить отсканированную модель в систему автоматизированного проектирования, а также ускорить процесс производства товаров, получая максимально точные модели. Применение 3D-сканеров будет также полезным при сканировании образцов ручной работы и создании точных копий деталей при единичном заказе.

Использование 3D-сканеров для контроля качества позволяет существенно улучшить соответствие физических деталей заданным техническим требованиям. Устройства позволяют обнаруживать брак в инструментальной оснастке и диагностировать эксплуатационные проблемы еще на ранних стадиях производства.

1. Горбунова А.Д., Кукушкина В.А., Абдуллах Л.С. Применение 3D-моделирования в машиностроении // В книге: Машиностроение. Тенденции развития современной науки. Материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. 2018. С. 202-204.
2. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 90-101.
3. Соколов В.Н. Аддитивные 3D-технологии в автомобильной промышленности // В сборнике: Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVII Международной научно-технической конференции. Саратов, 2022. С. 65-68.
4. Сун К., Сун К. Разработка трехмерных композитных печатных материалов // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3. № 1 (9). С. 26-31.
5. Филиппова О.А. Применение технологии трехмерной печати в учебном процессе по дисциплине «Инженерная графика» // Наука, техника и образование. 2015. № 10 (16). С. 126-130.

6. Ярашов П. Энергоэффективные ограждающие конструкции, созданные методом строительной 3D-печати // В сборнике: Наука и технологии – 2023. сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 341-353.
7. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-3-h-mernogo-modelirovaniya-v-gidrogeologicheskikh-issledovaniyah> (дата обращения: 20.11.2023).

Трещёв И.А., Монастырская Е.И.

Модель корпоративной атаки внешнего злоумышленника

*ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
(Россия, Комсомольск-на-Амуре)*

doi: 10.18411/trnio-12-2023-759

Аннотация

Данное исследование рассматривает модель внешнего злоумышленника в контексте информационной безопасности. Модель нарушителя представляет собой реализацию различных угроз и определяется временем, затрачиваемым на действия злоумышленника. В работе анализируется сценарий, в котором злоумышленник начинает свои действия с внешнего периметра корпоративной сети. Основные цели нарушителя включают кражу идентификационных данных, интеллектуальной собственности и нарушение работы корпоративной сети.

Ключевые слова: модель нарушителя, угрозы, действия злоумышленника, вектор атаки, корпоративная сеть.

Abstract

This study examines the external attacker model in the context of information security. The attacker's model represents the implementation of various threats and is determined by the time spent on the attacker's actions. The work analyzes a scenario in which an attacker begins his actions from the external perimeter of a corporate network. The attacker's primary goals include identity theft, intellectual property theft, and disruption of corporate networks.

Keywords: intruder model, threats, intruder actions, attack vector, corporate network.

Введение

Современное информационное общество сталкивается с постоянно возрастающими угрозами в области информационной безопасности. Внешние злоумышленники могут проникать в корпоративные сети с целью кражи конфиденциальных данных, дестабилизации работы систем или других деструктивных действий. Поэтому понимание методов и сценариев, используемых злоумышленниками, имеет критическое значение для обеспечения безопасности информационных систем.

В данной работе рассматривается модель внешнего злоумышленника, представленная в виде последовательности событий и процессов. Основное внимание уделяется сценарию, в котором нарушитель начинает свои действия с внешнего периметра корпоративной сети. Задачей исследования является определение общего времени функционирования такого сценария.

Исследование проводится на основе математической модели, которая позволяет описать взаимодействие различных событий и процессов, связанных с нарушением. Предполагается, что каждое событие имеет свою продолжительность, и между событиями существуют временные интервалы.

В результате анализа моделирования можно определить, сколько времени злоумышленник может провести в системе, что является важным для разработки мер по обеспечению безопасности и предотвращению атак.

Основная часть

Рассмотрим модель внешнего злоумышленников. Модель нарушителя представляет собой реализацию той или иной угрозы, которые в свою очередь определены экспертным методом – показателем затрачиваемого времени на действия злоумышленника.

Рассмотрим возможный сценарий, где злоумышленник начинается действовать с внешнего периметра. Нарушитель преследует несколько целей: кража идентификационных данных с их последующим использованием, кража интеллектуальной собственности, нарушение работы корпоративной сети. Систему взаимодействующих последовательных действий злоумышленника можно описать при помощи соответствующей модели (см. рисунок 1).

Предположим, что есть некоторое количество действий злоумышленника p_i , e_i^j – это событие нарушителя (j – номер события, i – номер процесса). Присвоим каждому событию – процесс:

e_1^1 = Сбор информации об ИС

e_1^2 = Взлом внешнего ресурса (Злоумышленник осуществляет атаку на веб-сайт компании, на котором есть уязвимость, и получает доступ к базе данных клиентов компании.)

e_1^3 = Извлечение конфиденциальных данных (Злоумышленник скачивает базу данных клиентов, включая личные данные, адреса, историю покупок и платежей.)

e_1^4 = Продажа информации (Злоумышленник продает скомпрометированные данные или использует их для мошеннических действий.)

e_2^2 = Атака на внутреннюю сеть (Злоумышленник пытается проникнуть во внутреннюю сеть компании, используя собранные данные, для дальнейшей атаки.)

e_2^3 = Утечка конфиденциальных данных (Злоумышленник получает доступ к конфиденциальным данным компании и начинает их распространение.)

e_3^3 = Установка шпионского ПО (Злоумышленник устанавливает шпионское программное обеспечение внутри сети компании, чтобы следить за активностью сотрудников.)

e_4^3 = Внутренний перехват данных (Злоумышленник пытается перехватить внутренние данные, передаваемые внутри сети компании.)

e_5^3 = Злоупотребление административным доступом (Злоумышленник использует скомпрометированные административные аккаунты для внесения изменений в систему, создания бэкдоров и блокирования легитимных сотрудников.)

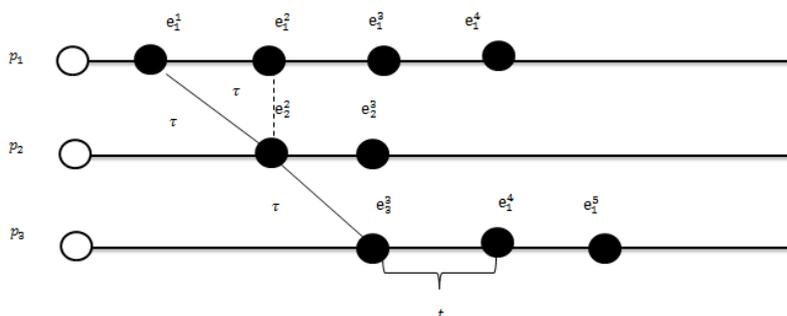


Рисунок 1. Математическая модель внешнего нарушителя.

Пусть происходит событие e_1^1 , взаимодействующее с e_1^2 , и e_2^2 . А события e_3^3 , и e_2^3 , происходят параллельно. Тогда пусть время взаимодействия между произвольными событиями есть константа $\tau \geq 0$. Такой подход позволяет описать взаимодействующие последовательные сценарии с рядом ограничений, накладываемых в модели.

Предположим, что описана временная система переходов, изображенная на рисунке 1 и экспертным методом задано время реализации событий $t(e_1^1) = 7$, $t(e_2^2) = 13$, $t(e_3^3) = 20$, $t(e_4^3) = 15$, $t(e_5^3) = 25$.

Тогда найдем время функционирования сценария злоумышленника:

$\max (t(e_1^1) + \tau, t(e_2^2) + \tau, t(e_3^3) + \tau, t(e_3^4) + \tau, t(e_3^5) + \tau) = \max [7 + \tau, 13 + \tau, 20 + \tau, 15 + \tau, 25 + \tau] = 80 + \tau$. Из этого следует, что действия злоумышленника будут функционировать не менее 80 ед. времени.

Заключение

В данном исследовании была рассмотрена модель внешнего злоумышленника в контексте информационной безопасности. Модель нарушителя определялась через экспертный метод, основанный на времени, затрачиваемом на различные действия злоумышленника.

Основной сценарий, рассмотренный в работе, начинается с внешнего периметра корпоративной сети и включает несколько целей нарушителя, таких как кража идентификационных данных, интеллектуальной собственности и нарушение работы сети. Система взаимодействующих последовательных действий злоумышленника была представлена в виде математической модели.

Модель включала в себя различные события, связанные с нарушением, каждое из которых было присвоено определенному процессу. Было показано, как события взаимодействуют друг с другом, и какие временные интервалы между ними существуют. Этот подход позволил определить общее время функционирования сценария нарушителя.

Из результатов исследования видно, что действия злоумышленника будут функционировать не менее определенного времени, что может быть важной информацией для планирования мер по обеспечению информационной безопасности организации. Модель позволяет оценить, как долго злоумышленник может находиться в системе и какие шаги предпринимать для его выявления и предотвращения атаки.

1. Трещев, И. А. Математическая модель распределенных вычислений на основе последовательных событий / И. А. Трещев, А.С. Ватолина // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению. Комсомольский-на-Амуре государственный университет. Комсомольск-на-Амуре. – 2022. - № II(1). – С. 416-418.
2. Аверченков, В. И. Аудит информационной безопасности органов исполнительной власти. Учебное пособие / В.И. Аверченков. - М.: Флинта, 2020. - 297 с.
3. Аверченков, В. И. Аудит информационной безопасности. Учебное пособие / В. И. Аверченков. - М.: Флинта, 2021. - 679 с.
4. Козлов, А. А. Моделирование угроз безопасности информации на основе систем переходов состояний / А. А. Козлов, Ю. Ю. Ходяков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2019. – Т. 19, вып. 4. – С. 682-687. - URL: <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2019-19-4-682-687> (дата обращения: 04.02.2023).
5. Афанасьев, Алексей Алексеевич Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. Учебное пособие для вузов. Гриф УМО МО РФ / Афанасьев Алексей Алексеевич. - М.: Горячая линия - Телеком, 2020. - 438 с.



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№104, Декабрь 2023**

Часть 13

Подписано в печать 25.12.2023. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.12,89
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович